

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

ANNÉE 1944

THESE

N°

80

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLÔME D'ÉTAT)

PAR

Jean LE CLERC DE LA HERVERIE

Né le 12 juillet 1904, à St-Hilaire St-Florent (Maine-et-Loire).

Présentée et soutenue publiquement le 3 AVR 1944 19..

ÉTUDE MÉCANIQUE

DE

L'ARTICULATION DU COUDE

Président : M. ROUVIÈRE, Professeur.

PARIS

IMPRIMERIE R. FOULON

29, rue Deparcieux, 29

1944

FACULTE DE MEDECINE DE PARIS

ANNÉE 1944

THESE

N°

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Jean LE CLERC DE LA HERVERIE

Né le 12 juillet 1904, à St-Hilaire St-Florent (Maine-et-Loire).

Présentée et soutenue publiquement le..... 19..

ÉTUDE MÉCANIQUE
DE
L'ARTICULATION DU COUDE

Président : M. ROUVIÈRE, Professeur.

PARIS
IMPRIMERIE R. FOULON
29, rue Deparcieux, 29
1944



I. — PROFESSEURS

MM.

Anatomie	ROUVIERE.
Physiologie	Léon BINET.
Physique médicale	STROHL.
Chimie médicale	POLONOVSKI.
Bactériologie	GASTINEL.
Parasitologie et histoire naturelle médicale....	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales.....	BAUDOUIN.
Pathologie médicale	CHABROL.
Pathologie chirurgicale	PETIT-DUTAILLIS.
Anatomie pathologique	LEROUX.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	AUBERTIN.
Hygiène et médecine préventive.....	N...
Médecine légale	DUVOIR
Histoire de la médecine et de la chirurgie.....	LIAN.
Pathologie expérimentale et comparée	Henri BENARD.
Hydrologie thérapeutique et climatologie	CHIRAY.
Clinique médicale	ABRAMI.
	FIESSINGER.
	HARVIER.
	P.-VALLERY-RADOT.
Hygiène et clinique de la première enfance....	CATHALA.
Clinique des maladies des enfants.....	Robert DEBRE.
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale	LEVY-VALENSI.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques.	GOUGEROT.
Clinique des maladies du système nerveux.....	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	LEMIERRE.
Clinique chirurgicale	CADENAT.
	BROCQ.
	QUENU.
Clinique ophtalmologique	MONDOR.
Clinique urologique	VELTER.
	CHEVASSU.
	N...
Clinique d'accouchement	N...
	PORTES.
Clinique gynécologique	MOCQUOT.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie ...	LEVEUF.
Clinique thérapeutique médicale	LOEPER.
Clinique oto-rhino-laryngologique	LEMAITRE.
Clinique thérapeutique chirurgicale	SENEQUE.
Clinique propédeutique	M. VILLARET.
Clinique de la Tuberculose	TROISIER.
Clinique chirurgicale orthopédique	MATHIEU.
Clinique de cardiologie.....	DONZELOT.
Clinique de neuro-chirurgie	Clovis VINCENT.
Assistance Médico-sociale	N...
	DOGNON.
	GIROUD.
	HAZARD.
	JAYLE.
	JOANNON.
	OLIVIER.
	VERNE.
Professeurs sans chaire	

II. — AGREGES EN EXERCICE

MM.		MM.	
AMELINE	Pathologie chirurgicale.	DE GENNES	Pathologie médicale.
BARIETY	Pathologie médicale.	HAGUENAT	Pathologie médicale.
BERNARD (Etien.)	Pathologie médicale.	LACOMME	Obstétrique.
BESANÇON Justin.	Hydrologie.	LANTUEJOUL	Obstétrique.
BONNET	Bactériologie.	LAVIER	Parasitologie.
BOULIN	Pathologie médicale.	LELONG	Pathologie médicale.
BROUET	Pathologie médicale.	LEMAIRE	Pathologie expérimentale.
BULLIARD	Histologie.	LENEGRE	Pathologie médicale.
CACHERA	Pathologie médicale.	Mlle J. LEVY	Pharmacologie.
CORDIER	Anatomie.	MARCHAL	Pathologie médicale.
COSTE	Pathologie médicale.	MENEGAUX	Pathologie chirurgicale.
COUVELAIRE (Roger)	Urologie.	MOLLARET	Pathologie médicale.
DELARUE	Anatomie pathologique.	MOUQUIN	Pathologie médicale.
DELAY	Pathologie médicale.	PATEL	Pathologie chirurgicale.
DEGREZ (H.)	Physique.	RENARD	Ophthalmologie.
DESOILLE	Médecine légale.	RICHET	Physiologie.
DIGONNET	Obstétrique.	SICARD	Pathologie chirurgicale.
DOGNON	Physique.	SOULIE	Pathologie médicale.
FEVRE	Pathologie chirurgicale.	SUREAU	Obstétrique.
FUNCK-BRENTANO	Pathologie chirurgicale.	TURPIN	Pathologie médicale.
GALLIARD	Parasitologie.	WILMOTH	Pathologie chirurgicale.
GARCIN	Pathologie médicale.		
Mlle GAUTHIER-VILLARS	Anatomie pathologique.		

III. — AGREGES RAPPELES A L'EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.		MM.	
ALGLAVE	Pathologie chirurgicale.	HUGUENIN	Anatomie pathologique.
CHAILLEY-BERT .	Physiologie.	LE LORIER	Obstétrique.
GUENIOT	Obstétrique.	NEVEU-LEMAIRE .	Parasitologie.
HEITZ-BOYER	Pathologie chirurgicale.	PIEDELIEVRE	Médecine légale.
		VAUDESCAL	Obstétrique.

IV. — AGREGES CHARGES DE COURS
DE CLINIQUE ANNEXE

A TITRE PERMANENT

MM.		MM.	
ALAJOUANIN	} Clinique médicale	BASSET	} Clinique chirurgicale.
BRULE		GATELLIER	
CHEVALLIER		DE GAUDART	
LAROCHE Guy		D'ALLAINES	
MOREAU		MOULONGUET	
SEZARY		MOURE	

MM.	
ECALLE	} Clinique obstétricale
VIGNES	

V. — CHARGES DE COURS

MM.	
CHAILLEY-BERT, agrégé	Education physique.
LEDoux-LEBARD	Radiologie clinique.
DECHAUME	Stomatologie.
N...	Puériculture.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'en entend leur donner aucune approbation ni improbation.

MEIS ET AMICIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR ROUVIERE

Professeur de la Chaire d'Anatomie

Officier de la Légion d'Honneur

Membre de l'Académie de Médecine

*Qui nous a fait l'honneur
d'avoir bien voulu accepter
d'être notre Président de Thèse.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR HARDOUIN

Président régional de l'Ordre des Médecins de Bretagne

Chevalier de la Légion d'Honneur

Professeur honoraire de Clinique Chirurgicale

à l'Ecole de Médecine de Rennes

*En remerciement des conseils
donnés dans ses excellentes le-
çons.*

*En témoignage de ma très vive
reconnaissance pour les soins
donnés aux miens en 39-40.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR LE DAMANY

Professeur honoraire de Clinique Médicale

à l'Ecole de Médecine de Rennes

*Témoignage de ma gratitude
pour ses cliniques pleines d'en-
seignements et de ma respec-
tueuse admiration pour ses ma-
gnifiques travaux.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR MARQUIS
Membre correspondant de l'Académie de Médecine
Commandeur de la Légion d'Honneur
Président de l'Ordre des Médecins d'Ille-et-Vilaine
Directeur de l'Ecole de Médecine de Rennes

A NOS MAITRES
A L'ECOLE DE MEDECINE
ET A L'HOTEL-DIEU DE RENNES

*A qui nous avons à cœur d'ex-
primer notre gratitude pour
leurs conseils et leurs enseigne-
ments.*

A MONSIEUR LE PROFESSEUR LEROUX
Officier de la Légion d'Honneur
Professeur honoraire à la Faculté des Sciences de Rennes

A NOS MAITRES
DE LA FACULTE DES SCIENCES DE RENNES

AU DOCTEUR COURAU

*Témoignage de cordiale ami-
tié.*

A NOS CAMARADES D'ETUDES

/

AUX OFFICIERS ET AUX HOMMES DU 10^e R.A.D.

Notre Régiment.

AUX OFFICIERS ET AUX HOMMES DU 41^e R.I.

*Que nous avons eu l'honneur
d'appuyer comme chef de sec-
tion anti-char.*

Plus spécialement à la 1^{re} COMPAGNIE ET A SON COMMANDANT

LE LIEUTENANT SAINT-SEVER, Mort pour la France

A la 11^e COMPAGNIE

*Dont nous sommes heureux de
proclamer la bravoure.*

AU COLONEL RAMADIER

AU CAPITAINE BARANGER

A L'H.O.E. DE BEAUVAIS

*En remerciement de leurs
soins. 18 Juin-12 Août 1940.*

AU COLONEL SOULIE

Médecin-Chef de l'Hôpital de la Faculté des Lettres de Rennes

*Témoignage de notre pro-
fonde reconnaissance.*

AVANT-PROPOS

Si les articulations et l'articulation du coude en particulier sont très bien étudiées au point de vue anatomique, il nous a toujours semblé qu'il n'en était pas de même au point de vue physiologique. Et ceci probablement pour les raisons suivantes : La Physiologie ayant une multitude de sujets à étudier, traite avant tout ceux dont la connaissance est indispensable au médecin et qui sont de son domaine propre : digestion, circulation, sécrétion, etc. Elle délaisse l'étude mécanique des articulations qui peut sembler un corollaire immédiat de leur étude anatomique; et c'est d'ailleurs dans les traités d'anatomie, après chaque description d'articulation que quelques lignes sont réservées à leur physiologie. Ensuite certains, surpris sans doute par les formes peu géométriques des os et même de leurs surfaces articulaires, ont cru que leurs mouvements échappaient à toute analyse parce que dirigés par les muscles ; les surfaces articulaires ne jouant un rôle que tout à fait secondaire. C'est l'opinion de M. ROUD, dans sa *Théorie des articulations discordantes*. c'est-à-dire celles dont les surfaces articulaires ne sont pas exactement modelées l'une sur l'autre : « Dans nos machines, dit-il, la force est aveugle et le genre de mouvement est déterminé par les articulations. Dans notre appareil locomoteur, c'est le muscle qui détermine la direction des mouvements, il suffit que les articulations soient adaptées à ce mouvement et ne s'y opposent pas. En général, elles n'ont pas à le conduire ».

En analysant du point de vue mécanique l'articulation du coude, nous ne cherchons pas à faire un travail révolutionnaire, ni même bien nouveau. Nous voudrions seulement rassembler les différentes opinions sur les problèmes qui se trouveront sur notre chemin. Nous voudrions surtout marquer une nouvelle façon de les résoudre, la méthode *a posteriori*, en appliquant des règles, fruit de l'expérience et de l'expérimentation, qui bien que règles biologiques, c'est-à-dire ni absolues, ni rigoureuses, doivent cependant être prises en considération.

Avant d'étudier le mécanisme des articulations une première question se pose. Les problèmes que nous étudions ont-ils un sens ? Est-ce que la mécanique théorique ayant pour objet les mouvements des corps inanimés peut encore régir la matière vivante, n'y a-t-il pas là des forces spéciales non quantifiables. Nous ne pouvons démontrer directement aucune proposition de ce genre, mais partant de l'hypothèse que la mécanique des êtres vivants ne fait que prolonger celle des êtres inanimés, nous obtiendrons des résultats qui seront comparés à ceux de l'observation et s'il y a concordance, notre hypothèse sera justifiée.

Mais tout d'abord, nous pouvons affirmer que si les articulations ne fonctionnent que mues et dirigées par les muscles, l'analyse du mouvement est impossible : Le nombre des muscles, la diversité de leurs points d'application, les variations de leur tension, créent une multitude de paramètres qui, variant à l'infini entre certaines limites, échappent aux investigations. Il est évident que la résultante de ce grand nombre de paramètres ne peut être précisée qu'en ne laissant variable qu'un très petit nombre d'entre eux. Or cette restriction arbitraire enlève tout sens au problème. Si au contraire les surfaces articulaires s'emboîtent parfaitement les unes sur les autres, si les articulations sont concordantes, comme les appelle ROUD, il est probable que la mécanique reprenne ses droits.

Expérimentalement les muscles ne paraissent pas jouer le rôle primordial. L'individu en état de narcose, le cadavre, une fois vaincue la rigidité cadavérique, ne présente pas de mouvements bien différents de ceux que l'homme effectue volontairement, et dans ce dernier cas au moins, on ne peut invoquer ni réflexe, ni tonus musculaire. Le mouvement peut être exagéré dans son amplitude, encore y a-t-il le plus souvent lésions des tissus, mais son aspect général reste le même : le coude présentera toujours des mouvements de flexion-extension, de pronation-supination, rien de plus. Ces mouvements n'auront aucun point commun avec ceux d'une pseudarthrose.

Puisque les surfaces articulaires sont à la base des mouvements, il semble étonnant *a priori* qu'elles ne soient pas disposées adéquatement ; cependant ROUN insiste sur le fait que dans une articulation comme le genou, où le seul mouvement est l'extension-flexion, les surfaces ne sont pas de révolution : « Les surfaces de certaines articulations, écrit-il, s'écartent beaucoup des surfaces de révolution et ne concordent pas. Le genou en offre un exemple typique. Vu de profil chaque condyle nous présente une courbe spéciale dont le rayon décroît d'avant en arrière. Le contact du condyle avec le tibia ne se fait que sur une étendue très limitée. Toutefois, dans la station verticale la pression déprime le cartilage et le contact est plus étendu ». Nous ne comptons pas traiter l'articulation du genou et si nous citons ces lignes ce n'est que pour indiquer les difficultés auxquelles on se heurte en étudiant la mécanique arthrologique.

LES MESURES EN ANATOMIE

LEUR PRÉCISION — LEUR INTÉRÊT

Préciser le mécanisme d'une articulation n'est pas chose aisée. Il existe en effet de telles variations d'un sujet à un autre — sujets parfaitement normaux d'ailleurs — qu'on ne peut trouver aucune loi de correspondance. Ici trois points marquants seront en ligne directe, là ils feront un angle net. Une même région subira sur les différents os des variations importantes de forme et de volume. Bref, nous nous trouvons en face de phénomènes difficilement quantifiables. Seules les mesures d'angle, l'angle n'ayant pas de dimension, sont relativement précises, encore en sont-elles pas du tout rigoureuses. Nous croyons téméraire de prétendre à la précision du 1/10 de millimètre pour une simple variation de longueur. Pour les rayons de courbure, tout dépend de l'angle balayé par la tangente et des méthodes de mesures employées. Dans la plupart des cas, où l'arc de cercle est inférieur à une demi-circonférence, la portion de sphère inférieure à l'hémisphère, la précision est certainement faible ; mais dans les cas les plus favorables elle est encore très peu considérable. Pour les angles nous croyons également qu'il n'y a pas intérêt à surestimer leurs mesures. Le mouvement d'inclinaison latérale du cubitus sur l'humérus de 1° 87 dont parle HULTKRANTZ, s'est toujours posée à nous comme un problème plein de mystère, en admettant même qu'il soit question de centième de degré, ce qui n'est pas l'habi-

tude. La précision du degré nous semble déjà estimable étant données les conditions où nous nous trouvons. Pour se rendre compte de la valeur d'un angle d'un degré, il suffit de changer l'unité, de prendre le millièmè arrondi à 6.400 utilisé dans l'artillerie française — à peu près le millièmè de radiant, l'angle dont la tangente est 1 millimètre. On peut alors confondre la tangente et l'arc jusqu'à 400 millièmès. Un degré vaut 17 millièmès, c'est l'angle sous lequel on voit à peu près deux mètres à 100 mètres, deux millimètres à 10 centimètres. La construction nous en prouve la petite valeur.

Pour peu que nous expérimentions, nous nous rendrons compte que l'imprécision des mesures tient comme nous l'avons signalé aux variations d'un sujet à l'autre, mais aussi à la difficulté de placer les appareils. Reportons-nous aux instruments de physiciens. Les régions qui servent aux mesures sont en métaux spécialement durs et polis, rectifiés avec le plus grand soin, les jeux sont insignifiants, et cependant on recommande de ne faire la lecture que toujours dans le même sens. Rien de semblable pour la question qui nous intéresse. Nous admirons beaucoup le stoïcisme d'HULTKRANTZ qui, pour préciser les mouvements du coude, a enfoncé des aiguilles métalliques dans son propre olécrâne et dans son épicondyle. Mais nous ne croyons pas que malgré cela il ait beaucoup éclairci la question. Au lieu de trouver huit degrés dans la rotation pour l'humérus autour de son axe, il aurait probablement obtenu un autre chiffre sur un autre sujet. Quant à l'inclinaison latérale du cubitus sur l'humérus, il est encore beaucoup plus probable qu'il l'aurait trouvée nulle dans d'autres cas. Sans mépriser les descriptions de phénomènes, nous ne jugeons qu'il n'y a science que lorsqu'on connaît les lois qui les régissent. C'est alors le *scire per causas* des anciens philosophes. Ce sont les observations qui ont permis à KEPLER et à NEWTON de formuler leurs lois, mais la

simple formule de l'attraction universelle, plus générale et plus simple que les principes de KEPLER, est plus instructive qu'une série d'observations sans liens apparents. Il en est de même pour le coude ; ce qui importe n'est pas de savoir de combien tourne l'humérus dans les mouvements de supination, mais pourquoi, et comment il tourne. HENRI POINCARÉ est même allé jusqu'à proclamer dans un de ses livres de philosophie scientifique que les lois des différentes sciences ne sont jamais qu'une première approximation, très utile, sans doute, presque toujours suffisantes et que l'excès de précision dans les mesures s'opposent à leur découverte. Nous ne citons ici la pensée du grand mathématicien que pour signaler que tout travail même minutieux n'est pas forcément fécond. CHARLES NICOL

Non seulement nous découvrons des phénomènes nouveaux, mais dans ceux que nous croyons connaître, se révèlent des aspects imprévus. Dans l'éther libre les lois conservent leur majestueuse simplicité ; mais la matière proprement dite semble de plus en plus complexe ; tout ce qu'on en dit n'est jamais qu'approché et à chaque instant nos formules exigent de nouveaux termes...

Prenons pour exemple les lois de la réflexion : FRESNEL les avait établies par une théorie simple et séduisante que l'expérience semblait confirmer. Depuis, des recherches plus précises ont prouvé que cette vérification n'était qu'approximative ; elles ont montré partout des traces de polarisation elliptique. Mais grâce à l'appui que nous prêtait la première approximation, on a trouvé tout de suite la cause de ces anomalies... et la théorie de FRESNEL a subsisté dans ce qu'elle avait d'essentiel. Seulement on ne peut s'empêcher de faire une réflexion : Tous ces rapports seraient demeurés inaperçus si l'on s'était douté d'abord de la complexité des objets qu'ils relient. Il y a longtemps qu'on l'a dit : Si TYCHO avait eu des instruments dix fois plus précis, il n'y aurait jamais eu ni KEPLER, ni NEWTON, ni ASTRONOMIE. C'est un malheur pour une science de prendre naissance trop tard, quand les moyens d'observation sont devenus trop parfaits. C'est ce qui arrive aujourd'hui à la physicochimie ; ses fondateurs sont gênés dans leurs aperçus par la troisième et la quatrième décimales...

H. POINCARÉ.

(*La Science et l'Hypothèse*, p. 211).

a exprimé une pensée un peu analogue dans le *Destin des maladies infectieuses*, il fait remarquer que le savant est plus souvent destructeur que constructeur, ferme plus de routes qu'il n'en ouvre.

Avant de se lancer dans une question, il est bon de faire le point. Poser un problème, dit-on, c'est à moitié le résoudre. Certes, car c'est le faire sortir du vague pour préciser les points connus ou supposés tels et spécifier ceux à élucider. Il serait même utile de se poser les questions : ce problème a-t-il un sens ? a-t-il un intérêt ? Par exemple, que peut-on déduire du fait que la gorge de la trochlée a 9 mm. 8 de rayon ? Quelle lumière ce chiffre peut-il apporter sur une question quelconque ? Nous avouons humblement que nous ne le voyons pas. Si le chiffre suffisamment approché de un centimètre nous avait été donné, dans la description, pour fixer les idées, il nous aurait amplement suffi.

: *Remarques préliminaires.* — Avant d'aborder l'étude générale des articulations, nous désirons une fois pour toutes régler quelques questions de terminologie. Dans toutes les sciences nous sommes amenés à parler de phénomènes que nous ne connaissons que très mal. Pour la commodité de l'exposition nous suivrons la coutume qui donne un nom à cet inconnu. Pourquoi une cellule se segmentant des millions de fois arrive-t-elle à former un corps humain ? Il y a évidemment une cause, nous ne la connaissons pas. Appelons-la comme les anciens du nom de « Nisus formativus », c'est pratique, beaucoup moins absurde que de tenter de tout expliquer par l'existence de régions positives ou négatives sur la cellule initiale. Ce n'est pas un excès d'explications, c'est une sorte d'étiquette mise sur une cause indéterminée. Si ce nisus formativus est sensible à des phénomènes électriques, mécaniques, chimiques ou autres, ces phénomènes ne le composent pas dans son entier. Nous continuerons donc à

lui conserver son nom, qui ne nous fera pas d'illusion sur notre ignorance. Si nous voulons entrer plus loin dans le problème, on peut admettre avec la scholastique que « tout ce que nous connaissons nous vient des sens ». Or, pratiquement l'homme est un visuel, donc il ignore tout ce qui ne lui tombe pas sous les sens en général et plus particulièrement sous les yeux. Comme l'électricité, le *nisus formativus* n'est pas sensible, comme l'électricité, il nous indique son existence par ses effets. Mais comme il s'agit là de phénomènes biologiques non réversibles, peu modifiables, il est probable que notre science à ce sujet en restera là.

Quelquefois aussi, pour simplifier l'exposé, nous serons amenés à employer un langage géométrique. Bien entendu, il ne faut pas prendre à la lettre les expressions « point », « droite ». Point signifiera surface, petite dans ses dimensions, ou volume contenu dans une sphère de petits rayons. Droite : surface ou volume dont une dimension est très grande par rapport aux autres, engainant sans s'écarter beaucoup la droite idéale passant par ces deux extrémités. De même les sphères et les cylindres pourront présenter des irrégularités importantes, des excavations de profondeur et de surface variables. Dans le mouvement ces excavations souvent remplies de graisse, sont en rapport avec des régions variables de l'autre surface articulaire, qui se lubréfient par contact. Il y aurait là, soit dit en passant, une disposition analogue aux « pattes d'araignées » de la mécanique appliquée. Quoiqu'il en soit ces sphères et ces cylindres se comportent dans la pratique comme s'ils étaient réguliers et c'est là l'important. Ajoutons encore que certaines irrégularités de formes sont rattrapées par l'élasticité des cartilages et des autres tissus qui contribuent à former les articulations. Bref, nous continuerons la tradition anatomique en employant des termes géométriques.

Puisque nous sommes dans le domaine de la méca-

nique, nous constaterons du jeu dans les articulations des membres comme dans celles des machines. Il en résultera de petits mouvements de latéralité, d'inclinaison, etc..., qui n'ont pas grand intérêt. Ceci est conforme à la mécanique pratique, ne comporte pas d'étude particulière, c'est pourquoi nous les passerons sous silence.

DES ARTICULATIONS EN GÉNÉRAL

Avant d'aborder l'articulation du coude, il est indispensable d'étudier quelques généralités. Chemin faisant nous énoncerons certaines lois qui, brutalement appliquées aux trois articulations huméro-cubitale, huméro-radiale, et radio-cubitale et à leur synthèse, l'articulation du coude, expliciteront leur mécanisme, ou du moins permettraient de construire un système très voisin des leurs, parfaitement concordant et satisfaisant à la logique formelle la plus intransigeante.

L'unanimité des auteurs range les articulations en trois classes :

- 1° Synarthroses ;
- 2° les amphiarthroses ;
- 3° les diarthroses.

Les synarthroses et les amphiarthroses, ou les déplacements relatifs, sont faibles ou nuls n'ont que peu d'intérêt mécanique. Nous n'en parlerons pas plus.

Nous allons rapidement étudier les diarthroses où les déplacements sont importants.

Les diarthroses présentent :

- « 1° Des surfaces articulaires lisses séparées par une cavité articulaire et mobiles les unes sur les autres ;
- 2° une capsule articulaire et des ligaments ;
- 3° une synoviale. » (ROUVIÈRE).

Les surfaces articulaires sont toujours revêtues de

cartilages appelés cartilage articulaires. Ce cartilage présente une surface libre lisse et polie. Son épaisseur est d'autant plus grande que les pressions qu'il supporte sont plus fortes (lois de Roud).

Les surfaces articulaires sont maintenues en contact par une capsule articulaire et des ligaments (ROUVIÈRE). La capsule est un manchon fibreux qui s'attache au pourtour et aux voisinage de la surface articulaire. La capsule articulaire présente par place des épaisissements appelés ligaments qui siègent là où la capsule doit présenter une plus grande résistance. Tous les ligaments ne sont pas des épaisissements capsulaires. Certains sont placés à distance de la capsule et représentent, pour la plupart, des tendons de muscles qui à l'origine étaient en rapport avec l'articulation. Rappelons que la synoviale est une membrane mince qui double la face interne de la capsule articulaire.

CLASSIFICATION DES ARTICULATIONS

Ces quelques notions préliminaires rappelées, étudions la classification des diarthroses. D'après le point de vue où l'on se place, on peut adopter différents modes de groupements.

Classification anatomique d'après la configuration des surfaces articulaires (ROUVIÈRE), 6 genres :

1° Enarthrose dont les surfaces articulaires sont des segments de sphère, l'un convexe, l'autre concave ;

2° la condylienne, dans laquelle les surfaces articulaires sont des segments d'ellipsoïdes, l'un convexe, l'autre concave ;

3° l'emboîtement réciproque caractérisé par des surfaces articulaires qui sont concaves dans un sens, convexes dans l'autre. La concavité de l'une s'opposant à la convexité de l'autre ;

4° la trochléenne, où l'une des surfaces a la forme d'une poulie ;

5° trochoïde, dans laquelle les surfaces sont des segments de cylindre, l'un convexe, l'autre concave ;

6° l'arthrodie, dans laquelle les surfaces articulaires sont planes.

ROUD adopte un mode de groupement des articulations un peu différent, basé sur la physiologie, autant que sur l'anatomie. Voici sa classification précédée de quelques remarques :

« Les surfaces articulaires, écrit-il, ne sont jamais des surfaces géométriques parfaites. Souvent elles s'en rapprochent suffisamment pour qu'il y ait intérêt à classer les articulations d'après la forme de leur surface. Certaines surfaces géométriques jouissent de la propriété de pouvoir glisser sur des surfaces semblables en conservant le contact dans toute leur étendue. Ce sont les surfaces de progression, les surfaces de révolution et les surfaces en vis. Les articulations qui possèdent de telles surfaces sont dites articulations concordantes, celles qui ne possèdent pas de telles surfaces sont des articulations discordantes.

« Les articulations à surfaces concordantes comprennent les groupes et les genres suivants :

I. — Articulation à 3 axes :

1) Enarthrose.

II. — Articulation à 2 axes :

2) Condylarthrose ;

3) Emboîtement réciproque.

III. — Articulation à 1 axe :

Trochloïde ;

Trochléarthrose ;

Art. en vis.

IV. — Articulation à surface plane :

Arthrodies. »

En dehors de l'adjonction de l'articulation en vis la classification reste inchangée. L'arthrodie, toujours d'après ROUD, pourrait comporter des surfaces qui glissent et tournent l'une sur l'autre sans abandonner le contact. Mais comme le remarque très judicieusement cet auteur : « ce mouvement n'est guère utilisé dans les articulations ». Nous en donnerons plus tard la raison. Quant aux mouvements de balancement qui existent et sont d'amplitude très limitée, ils nous paraissent être justement la caractéristique physiologique des amphiarthroses.

A ces classifications nous en avons substitué une pour notre étude qui n'est basée que sur la mécanique et voici comment :

Considérons un os comme fixe, un point quelconque de l'autre os peut, par le jeu de l'articulation, décrire une courbe ou une surface. Nous appellerons simplement l'articulation du nom de cette courbe ou de cette surface, en y ajoutant un terme pour préciser davantage quand ce sera nécessaire.

Comme ROUD, nous placerons en deux grandes classes les articulations. Celles qui sont discordantes, donc peu analysables, et celles qui sont concordantes. Comme ROUD encore, nous ferons observer que seules les surfaces de révolution, les surfaces en vis et les surfaces canales peuvent donner des articulations concordantes. Encore faut-il que ces dernières soient spéciales. Voici le tableau de notre classification pour articulations concordantes :

Mouvement dépendant de 3 paramètres :

Articulation sphérique (rotulienne) ;

— Articulation plane »

Mouvement dépendant de 2 paramètres :

Articulation cylindrique ;

Articulation sphérique (cardan) ;

Articulation plane »

Mouvement dépendant de 1 paramètre :

Articulation circulaire ;

Articulation hélicoïdale ;

Articulation rectiligne.

Théoriquement tous ces genres d'articulations peuvent exister, nous verrons que pratiquement il n'en subsiste que deux, quand il s'agit de déplacements importants : l'articulation sphérique (rotulienne) et l'articulation circulaire.

Vérifions auparavant que tous les mouvements possibles ont leur place dans ce tableau.

Si les os ont un point fixe nous sommes en présence de l'articulation sphérique. Il faut remarquer cependant qu'il y a plusieurs façons de réaliser cette disposition mécanique.

1. — *La rotule*, c'est-à-dire une sphère enfermée dans une portion de sphère de rayon sensiblement égal. Il y a dans ce cas 3 paramètres. C'est le fait de la hanche, articulation concordante d'après ROUD. On peut prendre pour paramètre : 1° l'angle de rotation autour d'un axe horizontal et frontal ; 2° l'angle de rotation autour d'un axe horizontal et sagittal ; 3° l'angle de rotation du fémur autour de l'axe passant par le centre de la tête et un point quelconque entre les deux condyles. En conclusion, sa position est fixée par 3 angles ; elle dépend de 3 paramètres.

2. — *La cardan*, joint bien connu sur lequel il est inutile d'insister, pourrait être réalisé par la superposition à angle droit de deux articulations circulaires (MOLLIER), il n'y a plus que deux paramètres : un pour chaque articulation. Cette disposition n'existe pas.

Quant aux articulations planes à trois et à deux paramètres, elles peuvent être considérées comme des cas particuliers des précédentes quand le rayon de la sphère est très grand. Elles pourraient être réalisées par une portion de plan se déplaçant sans jeu entre

deux plans qui lui sont parallèles — cas particulier de la rotule. — La réalisation de la seconde est pratiquement impossible. Il en est de même pour l'articulation rectiligne qui pourrait être réalisée par le glissement de deux régions non voisines de l'autre dans des gouttières rectilignes.

Il ne nous reste donc plus comme classe d'articulations à grand déplacement que les articulations sphériques (rotuliennes), cylindriques, circulaires et hélicoïdales. Dans notre étude des surfaces articulaires nous arrivons à cette conclusion que seules les articulations circulaires et sphériques existent.

Notre classification est donc bien simplifiée, rappelons-la :

Articulations non concordantes ;

Articulations concordantes.

1° Articulation sphérique ;

2° Articulation circulaire.

Vérifions maintenant qu'à l'aide de ces deux classes on peut rendre compte des mouvements des classifications antérieures :

1° L'énarthrose est identique à l'articulation sphérique (rotulienne) ;

2° la condylienne — les surfaces articulaires des segments d'ellipsoïdes, l'un convexe, l'autre concave (ROUVIÈRE). Pour ROUD, les surfaces condyliennes sont engendrées par la rotation d'un arc de cercle autour de sa corde. L'arc de cercle pouvant avoir moins de 180° ou plus de 180° . Peu importe la différence de sa définition. Dans le cas de l'ellipsoïde, si les surfaces sont concordantes — et c'est ce que nous supposons, — deux cas sont à considérer :

— ou l'ellipsoïde est scalène et tout mouvement est impossible ;

— ou l'ellipsoïde est de révolution, et l'articulation

est circulaire, car tout déplacement latéral est impossible.

On obtiendrait des conclusions analogues en partant de la deuxième définition. Le seul mouvement possible est une rotation sans glissement autour de la corde.

Bien entendu, si la surface externe est une sphère et non l'interne, l'articulation, bien que discordante, fonctionnera comme l'énarthrose et sera sphérique.

3° L'emboîtement réciproque est aussi défini par Roud, la surface engendrée par la rotation d'un arc de cercle autour d'une droite parallèle à sa corde, mais passant du côté de la convexité. C'est donc à peu près la figure formée par la section par deux plans perpendiculaires à l'axe d'un hyperboloïde de révolution. Les plans sécants étant symétriques par rapport au centre. Là encore un seul mouvement est possible, si l'articulation est concordante : la rotation autour de l'axe de révolution. La rotation autour d'un axe perpendiculaire passant par le centre de courbure de la méridienne n'est qu'une illusion d'optique, à moins que l'autre surface ne soit très petite et surtout discordante, ce qui est contraire à l'hypothèse.

4° La trochléenne est analogue à la précédente, avec la seule différence qu'il y a une gorge. Le mouvement est identique, c'est-à-dire circulaire.

5° La trochoïde dans laquelle les surfaces sont des segments de cylindres donnés évidemment à des mouvements cylindriques. Mais comme dans la pratique il n'y a pas de glissement suivant l'axe de rotation, le mouvement est encore circulaire.

6° Pour l'arthrodie nous avons déjà affirmé qu'il ne peut y avoir de mouvement important dans une telle articulation. Nous étudierons plus tard cette question ainsi que celle des articulations hélicoïdales.

Dans la pratique, les articulations sont parfois intermédiaires entre les parfaitement concordantes et les

discordantes. Il en résulte certaines solutions approchées, qui, pour des mouvements même de grande amplitude, sont suffisantes, surtout si l'une des surfaces articulaires peut se déformer et s'adapter à la surface avec laquelle elle est en rapport. C'est le fait de l'articulation scapulo-humérale discordante, d'après ROUD, qui permet des mouvements importants. Les surfaces en présence ne sont pas très différentes et la tête humérale se loge dans une surface déformante.

Les mouvements sont toujours des mouvements de glissement dans les articulations concordantes. Quant au pivotement, il n'existe pas : au centre de rotation il n'y a aucun mouvement. En tout autre point il y a glissement. Dans les articulations discordantes il pourrait exister des roulements.

FORMATION DES ARTICULATIONS

- Pourquoi les surfaces articulaires sont-elles en général concordantes, ou approximativement concordantes ? Cette question a provoqué l'intérêt de nombreux chercheurs. Voici en résumé leurs conclusions :

Pour les uns, c'est le « *nisus formativus* » qui modèle des surfaces ainsi qu'il le fait pour toutes les autres parties du corps. C'est la plus ancienne théorie.

Pour les autres, c'est le mouvement qui façonne les surfaces et qui, antérieur à leur formation, provoque de la part des cellules une réaction qui aboutit à la formation des surfaces.

Pour les troisièmes enfin, le « *nisus formativus* », sur lequel nous nous sommes déjà étendu, modèle l'ébauche des surfaces articulaires qui se perfectionnent avec le mouvement relatif des os en présence : analogie avec les muscles qui, existant chez le fœtus, ne se développe chez l'enfant et l'adulte que par le

mouvement. C'est cette dernière théorie qui nous semble la plus satisfaisante.

La théorie du « *nisus formativus* » seule est inféconde et anti-scientifique. « C'est une de ces théories vagues comme on les aimait avant que l'observation et l'expérimentation fussent devenues les pierres fondamentales des sciences médicales. Elle n'explique rien, mais elle s'adapte à toutes les autres théories. Elle n'est d'aucune utilité, mais ne peut être fausse. » (LE DAMANY).

La seconde théorie est trop absolue. A notre avis, elle a le tort de vouloir tout expliquer par trop simplement. Les sciences biologiques ne se laissent malheureusement mettre ni en formule ni en règle physique ou autre. D'une façon plus précise encore on peut affirmer qu'elle est contredite par l'observation. En effet, les mouvements du fœtus n'ont guère lieu avant quatre mois. De plus, ils ne sont pas fréquents. Or les surfaces articulaires sont formées bien avant cet âge. Y a-t-il mouvement avant quatre mois ? Cela n'est guère probable puisqu'ils ne sont pas perçus antérieurement, quoique le fœtus ait un volume déjà important et une forme suffisamment évoluée pour les rendre perceptibles.

Les muscles seuls pourraient-ils modeler les articulations ? Sans doute la croissance des cellules pourrait être retardée par la pression, contribuant ainsi à modeler les surfaces l'une sur l'autre. Mais alors pourquoi ces surfaces seraient-elles pour la plupart de révolution ou au moins adaptées au mouvement ? Donc même si les muscles peuvent se contracter à un stade très précoce de la vie embryonnaire, le mystère reste complet.

« Quand bien même les articulations se formeraient chez l'embryon en dehors des causes externes, trouverait-on chez POIRIER, cela ne prouverait pas que celles-ci n'avaient pas agi antérieurement pour former l'arti-

culatlon, seulement la forme acquise s'est fixée héréditairement et se reproduit automatiquement à chaque génération. » Et il cite comme exemple HUETER qui invoque la disparition de la partie antérieure de la surface astragaliennè chez l'enfant, et HAVELOCK, qui a montré chez les Hindous qui se tiennent accroupis une nouvelle facette articulaire du fémur qui existerait même dans le jeune âge.

Par rapport à la question qui nous intéresse peu importe si le « *niscus formativus* » s'est transformé par une géographie plus ou moins problématique des chromosomes dans le dogme de la fixation des caractères acquis. Ce qui nous importe de savoir c'est s'il faut attribuer la formation des articulations au mouvement, à la force des muscles seuls, ou bien s'il ne faut pas chercher une autre cause. Il nous paraît évident désormais qu'une action autre que l'action mécanique détermine les articulations. C'est l'opinion de RETTERER, qui écrit que la courbe articulaire est le résultat de « la fonte définitive de tout un territoire cellulaire et que les sections mécaniques ne jouent aucun rôle dans sa production. » Mais alors est-ce que la force articulaire, les mouvements ont une influence quelconque ? « Le rapport évident qui existe entre la forme de chaque articulation et son mode de fonctionnement donne l'impression qu'il y a là une véritable relation de cause à effet ». FICK a tenté de le démontrer expérimentalement. Voici comment : Il prend deux bâtons rectangulaires surmontés à l'une de leurs extrémités d'une masse facile à user par frottement — mélange de pierre ponce et de plâtre. — Il les place dans le prolongement l'un de l'autre, maintenus par un cylindre de caoutchouc qui les engaine et remplace la capsule. Deux liens sont attachés de part et d'autre du bâton, de façon qu'en tirant sur l'une des extrémités on provoque une angulation dans le système des deux bâtons. Par le mouvement, les extrémités en présence s'usent, se compénètrent et prennent la forme de

surface de révolution, la concavité appartenant au bâton dont les attaches sont les plus proches de la surface de séparation.

Ces expériences sont intéressantes mais modérément démonstratives, les conditions étant bien différentes de celles des articulations. Aussi préférons-nous infiniment les observations et expériences faites par M. LE DAMANY et rapportées par lui dans son magnifique ouvrage sur la luxation congénitale de la hanche. Dans des démonstrations qui nous ont parues irréfutables et définitives, M. LE DAMANY a établi les points suivants :

La luxation se produit après la naissance, c'est-à-dire que pendant les premiers jours de la vie et pendant la vie intra-utérine, la tête du fémur est en contact avec la cavité cotyloïde ; puis, pour des raisons que nous ne pouvons exposer ici, car elle nous entraîneraient trop loin, la tête quitte son logement, pour se déplacer vers le haut, sollicitée par les muscles et par la réaction du sol dans la marche, pour se rendre dans la région iliaque. M. LE DAMANY a fait l'étude comparée des articulations coxo-fémorales des fœtus morts dans une maternité, et d'enfants de crèches ou de services hospitaliers, morts après une vie de quelques mois. Et voici le résultat de ses travaux : « Aux autopsies des nouveaux-nés, écrit-il, on ne trouve pas de luxation congénitale anthropologiques. Il y a certes, dès lors, dans la jointure les malformations qui, si elles atteignent un degré suffisant, provoqueront forcément plus tard la luxation. Mais elles n'ont encore produit aucun effet. Tout au plus la tête sera-t-elle un peu moins parfaitement sphérique. Mais si peu. Tout au plus la cavité cotyloïde est-elle un peu moins profonde qu'à l'état normal, mais de signes avant-coureurs de la luxation, il n'en existe aucun.

« C'est du 6^e au 15^e mois de la vie, en tout cas avant

la fin de la première année que les lésions préparatoires de luxation peuvent se rencontrer. Plus tôt elles ne sont pas encore développées, plus tard ou bien elles se sont corrigées si elles étaient légères ou bien elles ont abouti à la luxation...

« Ces déformations (de la tête et de la cavité cotyloïde) sont véritablement acquises et postérieures à la naissance, puisque nous ne les trouvons à aucun âge chez le fœtus et en aucun cas chez les enfants nouveaux-nés malgré les très nombreux examens, plus de 200, que nous avons faits. Quelques semaines, quelques mois après la naissance, on en trouve au contraire des traces évidentes, au moins chez un sujet sur vingt. »

La clinique vient confirmer ces affirmations. Il peut arriver qu'un enfant dont la démarche a été normale pendant quelques temps à la suite d'une chute ou sans raison apparente se mette à boîter. Son articulation a été jusqu'à ce moment-là sinon normale au moins suffisamment concordante pour permettre la marche. Voici quelques observations citées par M. LE DAMANY : « La petite Berthe P... avait commencé à faire quelques pas dès son seizième mois. Les parents ne constatèrent une claudication qu'au vingtième mois, lorsque l'enfant commença à marcher beaucoup. »

« Louis Le P... a une sœur aînée atteinte d'une luxation congénitale unilatérale. Ses parents, gens intelligents, l'observèrent avec attention et même avec anxiété dès ses premiers pas qui eurent lieu à l'âge de 15 mois. Ils remarquèrent un dandinement léger bilatéral et symétrique, tellement vague qu'il aurait passé inaperçu de personnes moins inquiètes. C'est seulement à l'âge de 28 mois que la claudication devint nette avec plongeon unilatéral gauche. »

La radiographie ne donne pas de résultats bien catégoriques.

« Cela tient à deux causes d'abord à ce que chez les enfants qui n'ont pas encore marché l'ascension de la tête peut être absolument nulle. Cette tête fémorale, quoique écartée du fond de la cavité cotyloïde, n'a pas commencé son mouvement d'ascension. En ce cas comme le sourcil cotyloïdien n'est pas encore ossifié, une appréciation précise peut être parfois difficile.

« En second lieu il y a des états intermédiaires entre l'état normal et la luxation complète ; de sorte que même la radiographie ne permet pas d'être absolument catégorique pour cette bonne raison que l'état de la hanche n'est ni normale ni luxée. »

Si les surfaces articulaires concordantes chez le nouveau-né sont séparées l'une de l'autre par une cause quelconque — ici la rotation exagérée de l'extrémité supérieure du fémur qui fait que le col entre en contact avec le bord postérieur de la cavité cotyloïde, — elles se déforment et deviennent discordantes, plus même que discordantes puisqu'il n'est plus possible de faire jouer la tête du fémur dans la cavité cotyloïde. Cette dernière étant même quelquefois complètement bouchée ainsi que l'a observé M. LE DAMANY :

« Lorsque la luxation congénitale est terminée depuis longtemps, écrit-il, les lésions qui la caractérisaient ont pris des caractères spéciaux : la cavité cotyloïde a perdu sa forme et sa profondeur normale. Ordinairement, elle a la forme d'un triangle isocèle, dont le sommet est dirigé en bas et en avant, dont la base est tournée en haut et en arrière. La cavité triangulaire qui a remplacé la cavité hémisphérique reste en général assez profonde. Mais elle peut se niveler à peu près complètement. Elle peut même être remplacée par une exostose... Avec les années, la tête du fémur peut se déformer beaucoup. Elle prend alors des formes extrêmement variables, dont la plus curieuse, et probablement la plus rare, quoique toujours citée, est celle en tampon de wagon. Ordinairement,

elle a une forme pointue, comparée à celle d'un gland. Souvent elle présente un méplat à l'endroit qui appuyait sur l'os iliaque. La surface reste lisse et recouverte de son cartilage d'encroûtement pendant plusieurs années. Chez certains adultes des exostoses y sont développées lui donnant une apparence très irrégulière. Le cartilage d'encroûtement disparaît sur les exostoses. Il arrive à la longue à s'atrophier à peu près complètement. »

Lorsque les surfaces articulaires longtemps séparées, sont mises en regard, lorsque des forces musculaires ou autres sont appliquées de façon à les maintenir en place, et à les presser l'une sur l'autre, elles reprennent leur forme normale et cela d'autant mieux, qu'il y a mouvement. Si les surfaces articulaires ne sont pas en regard, la tête du fémur peut creuser dans l'os coxal une cavité plus ou moins profonde, à tel point qu'il peut se former là une nouvelle articulation, très inférieure au point de vue fonctionnel à une articulation normale mais presque suffisante.

Il serait très démonstratif qu'une cavité cotyloïde déformée en « triangle isocèle » reprenne sa forme normale après le traitement, malheureusement cette déformation est longue à se produire, et, d'autre part, le traitement doit être débuté de bonne heure si on veut un bon résultat : « Chez les vieux sujets, de 8 à 10 ans ou davantage, la restauration de la démarche n'est jamais parfaite ». Il faut évidemment que l'ossification ne soit déjà pas trop développée. De plus, il est difficile de savoir quelles sont les déformations exactes du cotyle et de suivre sa restauration. Il serait cependant intéressant de comparer à l'autopsie les qualités cotyloïdes deshabitées par le fémur et celles de luxés congénitaux traitées avec succès.

Mais il nous a paru encore beaucoup plus démonstratif de citer une fois de plus M. LE DAMANY sur les tentatives de formation de néo-articulations engen-

drées par le contact de la tête du fémur de l'os iliaque.

« Au-dessus de la cavité normale, écrit-il, on rencontre souvent une et parfois superposées deux ébauches de cavité articulaire marquant les étapes de l'ascension de la tête, en rapport avec une esquisse d'articulation nouvelle, d'une néarthrose. Ordinairement ces ébauches de cavité, contrairement à ce qui a lieu dans les luxations traumatiques sont à peine marquées... Et plus loin, « il y a des luxations qui sont à peine gênantes, les personnes qui en sont atteintes boîtent, dandinent mais ne souffrent pas, chacun en connaît qui se livrent aux travaux les plus durs, qui sont cultivateurs, charretiers, maçons, sans se plaindre jamais. Ce sont ceux chez qui la tête du fémur a pu se creuser sur la face externe de l'os iliaque une nouvelle cavité, un néocotyle qui fournit un bon appui. Il nous a semblé que ces formes bénignes se voyaient surtout chez les hommes dont l'alourdissement par le tissu adipeux est moindre et dont les muscles sont plus puissants que ceux de la femme ».

Là encore nous voyons les deux conditions pour qu'il y ait formation de néarthrose. Pression d'une surface sur l'autre, c'est la plus importante et mouvement relatif des surfaces.

M. LE DAMANY ne s'est pas contenté d'observations, il a fait de nombreuses expérimentations pour prouver que « la cavité articulaire se moule sur la tête et que sa capacité est proportionnelle au volume de celle-ci ».

« Chez un jeune lapin, écrit-il, introduisons une « forte cheville à travers toute l'extrémité supérieure « du fémur, mais excentriquement par rapport à la « tête. Cette cheville s'enfonce dans l'os iliaque. On « sait qu'un excentrique de machine à vapeur a besoin « pour ses déplacements d'un espace bien plus grand « que son diamètre. Il en sera de même pour la tête

« du fémur enchevillée excentriquement. Et si nous
« sacrifions l'animal après une attente assez longue,
« nous trouvons une cavité cotyloïde nettement plus
« grande que la normale et qui retient très bien la
« tête. Il n'y a aucune tendance à luxation.

« Faisons l'expérience inverse. Reséquons chez un
« autre jeune lapin une partie de la tête du fémur,
« puis laissons-le vivre quelques semaines. Si nous le
« sacrifions alors, nous trouverons la tête du fémur
« beaucoup plus petite que du côté sain. La cavité
« cotyloïde se sera rétrécie en proportion de cette di-
« mension... Il est facile de trouver chez les luxés de
« la hanche par traumatisme, il est facile de provo-
« quer chez les animaux la formation d'une nouvelle
« cavité articulaire en un point quelconque d'os. Il
« suffit pour cela que la tête fémorale appuie forte-
« ment et constamment sur ce point du bassin. Pen-
« dant ce temps, la cavité déshabitée s'atrophie. »

Résumons cet exposé pour en avoir une vue d'en-semble. Nous ne pouvons évidemment pas provoquer la formation de la tête fémorale hors du cotyle. Mais si cette tête vient à sortir de son logement naturellement (luxation congénitale) ou artificiellement (luxation traumatique), elle s'atrophie, se déforme et, de l'autre côté, la cavité articulaire correspondante se transforme et se comble. Par contre, il peut se former par la pression de la tête une ébauche de cotyle dans une région de l'os iliaque que rien ne disposait à ce but. Enfin, si les deux surfaces articulaires sont remises en contact, moyennant certaines conditions, dont la principale est à un certain degré limite d'ossification, elles se modèlent encore l'une sur l'autre. Nous ne croyons pas être téméraire en affirmant que nous sommes en présence d'une application directe du vieil adage : « Posita causa, Ponitur effectus ; sublatà causa tollitur effectus ; variante causa, variatur effectus ».

Donc les surfaces articulaires se modèlent l'une l'autre par l'action et la réaction des forces qui s'annulent entre elles.

Nous aurions pu citer d'autres illustrations de cette théorie : par exemple les résultats obtenus récemment dans l'opération Hueter pour l'Hallux Valgus par MM. J. VEY RASSAT et A. BERNER (1). Nous avons cité tout au long l'argumentation de M. LE DAMANY parce que nous la considérons comme particulièrement démonstrative.

Le résultat obtenu est pour nous de la plus haute importance, car il va nous servir comme une sorte de théorème préliminaire pour la discussion des problèmes que nous nous poserons dans la suite ; c'est pour cette raison que nous nous sommes un peu étendus sur ce sujet.

Cependant la théorie du modelage semble être en défaut dans certaines articulations manifestement discordantes comme le poignet qui, à première vue, se présente sous la forme d'une articulation sphérique type cardan à deux paramètres. Flexion extension et rotation limitée autour d'un axe horizontal et sagittal. Une étude plus approfondie des articulations similaires nous permettrait de les classer de la façon suivante qui explique la raison de ces anomalies.

1° *Articulations discordantes* du fait de la grande disproportion des surfaces osseuses en présence. Ex. : Articulation scapulo-humérale. La grande surface osseuse est en contact avec des parties molles qui ne peuvent la modeler : la petite région de contact n'implique pas une grande précision. Une sphère de diamètre suffisant peut être confondue avec une portion de plan tangent surtout grâce aux cartilages élastiques, d'une certaine épaisseur, qui se dépriment suivant les besoins.

(1) *Presse médicale*, 23-10-43.

2° Les articulations *discordantes* du fait de *ménisques* ou de *bourrelets*. Elles comportent plus que précédemment des éléments élastiques qui font tolérer des solutions approchées.

3° Les articulations *discordantes* en quelque région de leur surface, par exemple : la zone intercondylienne du fémur. On peut faire rentrer en ce cas l'articulation dans la classe des concordantes si leurs surfaces en contact le sont.

4° Les articulations réellement discordantes où ne s'effectuent que des mouvements très limités, mais qui anatomiquement doivent être classés dans les diarthroses.

En effet, il ne suffit pas qu'une articulation soit concordante pour une position déterminée, mais dans toute l'étendue du mouvement. La plus petite surface articulaire doit donc s'adapter à l'autre quelle que soit l'angulation des os en présence, c'est-à-dire qu'elle doit être identique à elle-même après une variation quelconque d'un de ses paramètres. Or les seules surfaces jouissant de la propriété de se reproduire par rotation autour d'un point, autour d'une droite sans glissement sur celle-ci, sont la sphère et les surfaces de révolution. Quand il y a progression, elle doit être ou proportionnelle à l'angle de rotation, et l'on doit alors avoir une surface hélicoïdale, ou quelconque, et on a un cylindre de révolution. Telles sont les surfaces d'articulations concordantes.

« Mais, objecte Roud, les surfaces de certaines articulations s'écartent beaucoup des surfaces de révolution et ne concordent pas. Le genou offre un exemple typique. Vu de profil chaque condyle nous présente une courte spirale dont le rayon décroît d'avant en arrière. Le contact du condyle avec le tibia ne se fait que sur une étendue très limitée. Toutefois, dans la station verticale, la pression déprime le cartilage et le contact est plus étendu. »

Comme nous l'avons déjà fait observer, les ménisques jouent un rôle certain qui a peut-être empêché les surfaces articulaires du fémur de se mouler sur celles du tibia. Mais on peut proposer une solution différente.

Considérons une trochlée, formée exactement de deux troncs de cône de révolution, c'est-à-dire la surface formée par deux droites d'un même plan limitées à leur point d'intersection d'un côté, et de l'autre à deux points quelconques, et tournant autour d'une troisième droite de leur plan, qui ne leur est ni paral-

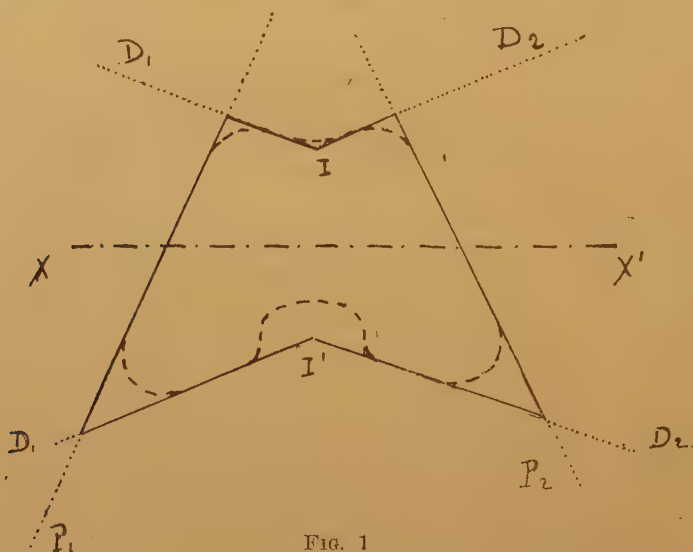


FIG. 1

D_1, D_2 : droites limitées à leurs intersections I .

X, X' : axe de rotation.

P_1, P_2 : plants sécants.

lèle ni perpendiculaire. Les deux segments de droite étant de part et d'autre par rapport à la normale menées du point de leur insertion à l'axe. Cette surface projetée sur un plan perpendiculaire à l'axe, a pour contour apparent un ou deux cercles — un ou deux cercles de leur grande base.

Supposons maintenant que nous n'utilisions pas pour l'articulation toute cette surface. Coupons par un plan oblique sur l'axe. La courbe plane obtenue sera une ellipse — les autres coniques n'offrant aucun intérêt pratique. — Cette courbe sera d'autant plus allongée que le plan de section sera plus oblique sur l'axe. Or, si on considère l'extrémité inférieure du fémur, on remarque aisément que les deux plans qui limitent schématiquement les faces latérales forment un dièdre marqué dont l'arête se trouve à quelques centimètres devant le fémur et à peu près parallèle à son grand axe.

Ceci ne constitue qu'une première approximation. On peut avoir une méridienne beaucoup plus complexe. Les surfaces limitant les condyles latéralement,

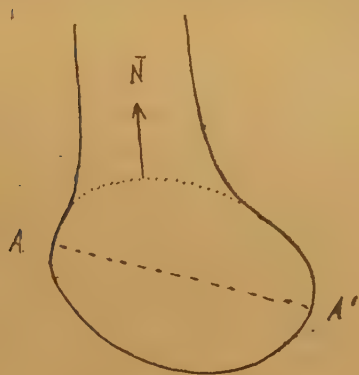


FIG. 2

N : normale en un point.

A, A' : grand axe de l'ellipse.

la surface sécante, peuvent également ne pas être simples et différer notablement des surfaces planes. Bref, il n'y a rien d'étonnant à ce que « vu de profil », chaque condylé n'apparaisse pas sous la forme d'un cercle.

Conservons notre première approximation : tronc de cône de révolution interséqué par un plan : la courbe obtenue est une ellipse ainsi que nous l'avons vu. Mais toute une partie de cette ellipse n'est pas utile. En effet, l'angle maximum de la jambe sur la

cuisse est de 180° . Ajoutons à cet angle celui sous lequel on voit la surface articulaire du tibia de l'axe de rotation : 60° au maximum. Cela fait un total de 240° pour l'angle utile. Il reste 120° pour la surface articulaire correspondante à la rotule et l'insertion sur la diaphyse fémorale. Et certainement nous sommes très au-dessous de la réalité. Soit donc une ellipse dont les foyers sont peu distants l'un de l'autre. Si nous ne conservons que la partie issue d'un sommet, se dirigeant vers le bas, passant par l'autre sommet, et que nous l'arrêtons au point de rayon de courbure maximum ; si nous raccordons cette courbe, non fermée à deux droites, dont les directions sont parallèles à celle de la normale en un point de la région supprimée, nous avons un grossier schéma de l'extrémité inférieure du fémur.

Nous ne prétendons pas que l'articulation du genou soit parfaitement concordante, ces ménisques autorisent à penser que leur élasticité a rendu le modelage réciproque imparfait. Nous avons voulu montrer seulement que la courbe spirale de Roux peut recevoir une interprétation mécanique, si on la compare à un arc d'ellipse auquel elle ressemble davantage dans la pratique, et qu'il faut une fois de plus se méfier des apparences.

Il est probable que les surfaces considérées comme discordantes pourraient également recevoir une explication mécanique. Mais leur étude nous éloignerait du sujet restreint que nous voulons traiter.

LIGAMENTS

En dehors des surfaces en présence, les articulations comprennent une capsule et deux ligaments. Nous n'étudierons pas la capsule qui ne présente rien de spécial, nous rappellerons seulement cette remarque

de M. ROUVIÈRE que pour les surfaces à grand déplacement, l'insertion des capsules est éloignée des surfaces articulaires. Quant aux ligaments, d'aspect bien différent, de fonction plus différente encore, nous chercherons quelles sont leurs actions et nous en déduirons quelques propriétés.

Comme base, nous utiliserons l'argumentation de ROUD qui est intéressante : « Le rôle et l'importance des ligaments dans la mécanique articulaire, écrit-il, a été très diversement apprécié ». Schématiquement, il y a deux opinions :

« — pour les uns, les ligaments servent à unir les os que les muscles mettent en mouvement ;

« — pour les autres, les ligaments ne jouent aucun rôle dans les mouvements normaux physiologiques, ni dans les positions normales physiologiques.

« Les deux formes précédentes, continue ROUD, sont inacceptables : la première a le tort de faire jouer un rôle trop considérable aux ligaments comme moyen d'union des os ; la seconde a le tort de méconnaître l'utilité des ligaments dans les mouvements absolument normaux et physiologiques.

« Les ligaments formés de tissus fibreux possèdent deux propriétés physiques importantes : la résistance et l'inextensibilité.

« La résistance des ligaments est considérable, parfois supérieure à celle du tissu osseux.

« Les ligaments sont inextensibles ou du moins très peu extensibles. Si le tissu fibreux possède une grande résistance physique, sa résistance physiologique est par contre très faible. Ils ne résistent pas à une traction plus faible mais prolongée... Dans les membres paralysés sous l'influence de la pesanteur ou sous l'influence des muscles restés sains, les ligaments finissent par s'allonger... »

Résistance et inextensibilité voilà donc, d'après

Roud, les qualités des ligaments. Ces termes doivent, à notre avis, être un peu étudiés. Roud distingue entre la résistance physiologique et la résistance physique. Il serait satisfaisant pour l'esprit de supprimer cette distinction qui n'est pas très nette. Considérons, par exemple, les ligaments comme des corps doués d'une grande viscosité. Comme dans les corps jouissant de cette propriété la résistance au déplacement d'une partie par rapport à l'ensemble, croît très rapidement avec la vitesse. Cela donne l'explication du phénomène indiqué par Roud. Si on cherche à provoquer une déformation rapide, on se heurte à une grande résistance. Un déplacement lent peut, au contraire, être effectué par une force plus faible. De plus, comme tout corps naturel, le ligament est doué d'une certaine élasticité, très faible comme l'a remarqué Roud.

On peut résumer ces résultats par une formule approximative qui n'a d'autre intérêt que de condenser au maximum la discussion précédente :

$$R1 = A + B \frac{dl}{ldt} n$$

R1 étant la tension par unité de section, A, B, n des constantes qui sont fonction de la nature du ligament et des unités de mesures.

$$\frac{dl}{l} \text{ l'allongement relatif et } \frac{dl}{ldt} \text{ la vitesse de l'al-}$$

longement relatif.

Pour $R1 < A$ — il n'y a pas d'allongement.

Pour $R1 > A$, il y a allongement, d'autant moins rapide que B et n sont plus grands.

Pour $R1 > C$, autre constante limitée. La formule n'est plus valable car il se produit des déchirures des ligaments ou plus souvent des ruptures osseuses à une distance plus ou moins grande des insertions tendi-

neuses. C'est le mécanisme bien connu des fractures de DUPUYTREN, POUTEAU, COLLE, etc...

Rôle et classification des ligaments

« Il n'est guère possible, déclare ROND, de donner
« une définition générale du rôle des ligaments, car
« leurs fonctions sont multiples et variables. Conten-
« tons-nous de donner ici quelques exemples :

« 1° Certains ligaments n'ont aucune fonction —
« exemple : ligament coracoïdien, ligament rond de
« l'articulation coxo-fémorale ;

« 2° Les ligaments servent à transmettre d'une
« pièce squelettique à une autre une force (force mus-
« culaire ou force externe). Ce sont de véritables ten-
« dons. Exemple : le ligament rotulien, les ligaments
« qui unissent le pisiforme à l'os crochu et au cin-
« quième métatarsien...

« 3° Les ligaments servent à assurer dans certaines
« conditions le contact des surfaces articulaires —
« exemple : le ligament coraco-huméral, tendu lors-
« que le bras pend verticalement, empêche la tête
« humérale de descendre. Le ligament annulaire em-
« pêche la tête du radius de se déplacer lors de la
« contraction du biceps.

« 4° Les ligaments servent à produire l'arrêt de
« certains mouvements — exemple : corde de WEIT-
« BRECHT, ligament de BERTIN.

« 5° Les ligaments empêchent tout mouvement
« dans certaines directions et servent de guide au
« mouvement — exemple : les ligaments s'opposant
« au mouvement de latéralité. »

A cette judicieuse analyse, nous ajouterons quel-
ques remarques.

Devons-nous faire rentrer dans la catégorie des liga-
ments les tendons musculaires ou du moins leur pro-

longement ? Au point de vue physiologique, il y a une grande différence entre eux. Les uns n'entrent en jeu que par moment et s'allongent ainsi que nous l'avons vu, par une traction même peu importante continue. Les autres, au contraire, sont toujours plus ou moins tendus, soit par les mouvements volontaires, soit par le tonus des muscles. Or cette dernière cause de tension est importante, rappelons-nous, pour en fixer l'ordre de grandeur, le nombre des kilogs utilisés pour le traitement des fractures de cuisse.

La troisième et la cinquième catégories sont-elles bien différentes ? Les ligaments qui empêchent tout mouvement dans certaines directions et servent de guide au mouvement, ne servent-ils pas aussi à assurer le contact des surfaces articulaires ? Ces ligaments ne s'insèrent jamais par leurs deux extrémités sur l'axe de rotation de l'articulation, leur réaction peut donc se décomposer en une force s'opposant à la latéralité et une autre maintenant les surfaces en présence.

Quant à la première catégorie, nous croyons que Roud l'a exagérée. Certes, le ligament coracoïdien n'a pas une utilité bien nette, mais est-il vraiment un ligament ? En tout cas, le ligament rond de l'articulation coxo-fémorale peut être considéré comme un ligament d'arrêt de certains mouvements. Dans la luxation congénitale il empêche la tête de monter librement, et on voit la trace de sa pression sur le cotyle. Peut-être empêche-t-il les mouvements d'adduction trop prononcés. Bref, dans notre étude, nous laisserons les classes mal élucidées pour ne conserver que les deux suivantes :

1° Les ligaments limitant le mouvement appelés ligaments d'arrêt ;

2° Les ligaments assurant le contact des surfaces articulaires appelés ligaments de contact ou de maintien.

La première catégorie nous offre rien de très spécial. Les ligaments peuvent être en nombre et position quelconque, être physiologiquement en relation avec une articulation également quelconque. Nous les trouvons en grand nombre autour des articulations sphériques sujettes aux luxations par le jeu de surface en présence. Nous les trouvons également dans toutes les articulations qui ont la même caractéristique. Ils peuvent être à grande distance de l'articulation (corde de WEIBRECHT), ou se présenter sous forme d'épaississement de la capsule (ligament de Bertin). Ils se tendent soit en ligne droite entre leurs insertions, soit en entourant d'une façon ou d'une autre la capsule articulaire.

La deuxième catégorie est beaucoup plus complexe à étudier. D'abord y a-t-il des ligaments répondant à la question ? Ne pourrait-on pas expliquer le contact des surfaces articulaires d'une autre façon ?

Voici pour cette dernière question quelques solutions proposées :

1° La forme des surfaces en présence est telle que les os ne peuvent se séparer. Cette éventualité est très rare, elle ne peut se produire que pour l'articulation huméro-cubitale, peut-être pour l'articulation coxo-fémorale, quand la cavité cotyloïde dépasse la demi-sphère. Cette solution ne peut être envisagée pour la plupart des articulations.

2° La pression atmosphérique a été invoquée : Rappelons à ce sujet l'expérience des frères WEBER, en 1836. Son influence indéniable est cependant très limitée. La pression atmosphérique normale est d'un peu plus d'un kilogramme par centimètre carré, elle peut du reste être très inférieure, fonction du moment et surtout de l'altitude. Prenons par exemple une articulation sphérique de 6 cm. de diamètre, c'est-à-dire très importante. La pression atmosphérique ne pourra lui faire supporter que $\pi \times 9 = 27$ kilogs environ.

De fait, BRIGNON a trouvé 8 kilogs pour l'épaule, et FICK de 10 à 15 kilogs pour la hanche. Ces articulations supportent bien plus, c'est un fait d'expérience quotidienne.

3° L'action des muscles également proposée semble la plus puissante. Elle entre en jeu immédiatement, par voie réflexe, et, de plus, elle s'exerce constamment grâce au tonus. Exerçons une traction brusque sur la jambe d'un sujet allongé, il fera immédiatement contracter ses muscles de la cuisse. La force des muscles est très grande, plusieurs centaines de kilogs, parce que leurs insertions sont proches des articulations, et que leur bras de levier est, par cela même, petit. Si leur action vient à manquer, il peut se produire une séparation des surfaces articulaires, comme il en a été signalé à l'épaule par suite de la paralysie des muscles et en particulier du deltoïde.

4° La capsule n'est pas très résistante et la plupart du temps elle ne se tend ainsi que les ligaments qui la renforcent que dans certaines positions limites. Dans une position moyenne, capsules et ligaments sont relâchés et n'ont aucune influence.

5° Peut-on, alors envisager l'action des ligaments de la deuxième catégorie, comme solution possible ? Supposons un instant leur existence. Ils sont par définition « résistants et inextensibles ». S'il n'en était pas ainsi leur influence serait négligeable. Pour ce qui est de la résistance c'est une évidence, quant à l'extensibilité, elle se ramène à la résistance. En effet, si le ligament est élastique, on peut en première approximation lui appliquer la formule :

$$\frac{l}{Rl} \times \frac{dl}{l} = E$$

L'allongement relatif par rapport à l'unité de force est une constante et qui est grande si le ligament est élastique. Donc si nous voulons Rl important, nous

devrons donner une grande valeur à $\frac{dl}{l} = E \frac{R_1}{l}$,

produit de deux quantités mesurées par deux grands nombres. L'allongement relatif sera donc considérable et les surfaces articulaires ne seront plus maintenues en contact. Pour qu'il n'en soit pas ainsi il faut

que E soit très faible alors $\frac{dl}{l}$ sera également petit et les surfaces seront en contact.

Or pour que le ligament ne s'allonge pas dans un mouvement de grande amplitude, il faut et il suffit qu'il s'insère par une de ses extrémités sur le point fixe des articulations sphériques, sur la droite fixe dans les articulations circulaires, c'est-à-dire sur le centre et sur l'axe de rotation : que ces points appartiennent à l'une ou à l'autre des surfaces. Nous rappellerons encore que le langage géométrique n'est qu'une façon commode de s'exprimer et que, dans la pratique, les régions entourant de près les points habités sont suffisantes.

La réalisation mécanique de cette condition est difficile dans les articulations sphériques. Le ligament devrait s'insérer au centre de la tête et, bien entendu, être libre jusqu'à son autre insertion, de fait dans la pratique nous n'en trouvons pas de trace. Il en est de même pour les articulations planes, hélicoïdales et cylindriques où des solutions même très approchées nécessiteraient des ligaments de très grande longueur.

Dans l'articulation circulaire les ligaments devront s'insérer sur l'axe de rotation et, comme par définition, les points de l'os considéré comme mobile décrivent des cercles dans des plans perpendiculaires à l'axe, les ligaments maintiendront les surfaces en contact par leur résistance et leur inextensibilité. En

général, les surfaces articulaires s'opposent au déplacement latéral, la meilleure position pour les ligaments de maintien sera la perpendiculaire à l'axe de rotation. Si les surfaces articulaires toléraient un déplacement latéral, il y aurait intérêt à ce que le ligament dans le mouvement de l'articulation, décrive un cône au sommet d'autant plus petit que la tendance au mouvement de latéralité sera plus grande.

Mais quelle que soit la forme de la surface articulaire, le ligament de maintien sera inséré sur l'axe de rotation. On peut vérifier qu'il en est ainsi au genou, au cou de pied, aux articulations intermétacarpiennes, etc...

Est-ce à dire qu'il n'y a pas de solution approchée ? Assurément non. Il pourrait en exister pour les mouvements hélicoïdaux de faible pas. pour les mouvements cylindriques de faible glissement. Là encore, la position optima pour les ligaments est pour une position moyenne de ces articulations, la perpendiculaire à l'axe de rotation. Dans les mouvements cylindriques, il sera nécessaire que le mouvement de glissement soit arrêté ou par des surfaces osseuses ou par des ligaments fortement inclinés sur l'axe de rotation. L'arrêt du glissement nécessiterait en effet un très grand effort pour les ligaments de maintien.

Les ligaments devront, en outre, pour ces solutions approchées, être le plus long possible, car plus la circonférence décrite par l'extrémité du ligament supposé inextensible est grande, plus on peut confondre l'arc de cercle avec la tangente pour une longueur déterminée.

Une autre solution rapprochée qui mérite d'être signalée est celle des trois ligaments ou du ligament en éventail. Si, pour une raison quelconque, le ligament ne peut s'insérer sur l'axe de rotation, il peut être remplacé par plusieurs ligaments qui, chacun en particulier fournissant une solution approchée dans une cer-

taine région, peuvent dans leur ensemble donner un résultat satisfaisant. Supposons, par exemple, que l'insertion du ligament décrive un cercle sur l'os considéré comme mobile et que son insertion sur l'os fixe soit telle qu'il passe au-dessus du centre de rotation sur lequel il aurait dû s'insérer. Le cercle que décrirait l'extrémité du ligament tendu est tangent intérieurement à celui que décrit l'insertion mobile. Son action est suffisante pendant une portion de circonférence, fonction évidemment des ligaments. Lorsque l'approximation est trop grande, un autre ligament le

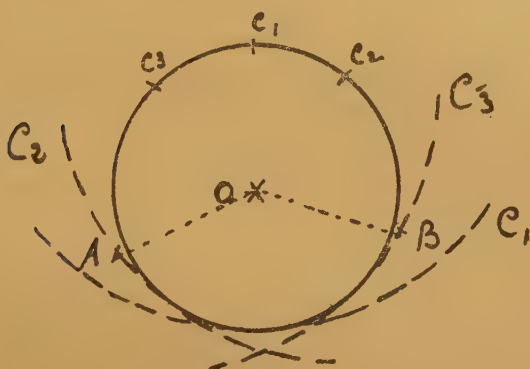


FIG. 3

O : axe de rotation de l'articulation.

C_1, C_2, C_3 : cercles décrits par l'extrémité libre des trois ligaments.

C_1, C_2, C_3 : points d'attache des ligaments.

A, B : limites du mouvement de l'articulation.

supplée et peut être considéré comme dérivant du premier par rotation autour de l'axe de l'articulation d'un certain angle. Ce ligament, tout comme celui dont il dérive, est suffisant dans un angle égal au précédent. Au lieu d'avoir des faisceaux distincts il peut se présenter une nappe de ligament en éventail qui joue le même rôle avec le même mécanisme.

Pour donner un ordre de grandeur, supposons que l'insertion la plus proche de l'articulation soit à 1 cm. de l'axe et l'autre insertion à 2 cm. de l'autre côté. Pour un angle de 60° le jeu serait inférieur au millimètre ; pour 45° , inférieur au demi-millimètre, ce qui est très suffisant comme approximation. Avec trois ligaments placés à 45° les uns par rapport aux autres, on peut avoir un mouvement de 135° avec une approximation du demi-millimètre. Cette solution pourrait jusqu'à un certain point se généraliser aux articulations sphériques : les ligaments s'inséreraient alors auprès de la capsule par une extrémité et, par l'autre, à une grande distance de l'articulation. Mais ici se présentent des difficultés qu'on ne peut éliminer : la rotation de l'os mobile autour de son axe, le fait que les ligaments dans leur action tendent à entourer l'articulation et qu'ils agissent finalement comme de simples ligaments d'arrêt.

En conclusion nous pouvons donc énoncer :

1° Qu'il existe des ligaments de maintien dans les articulations circulaires et dans ces articulations seulement ;

2° Que ces ligaments, lorsque les articulations doivent subir de grands déplacements angulaires, s'insèrent au centre de rotation ou, exceptionnellement, par des faisceaux en éventail ;

3° Que les autres ligaments sont des ligaments d'arrêt, surtout nombreux autour des articulations où les surfaces en regard s'emboîtent peu les unes les autres ;

4° Que les renforcements de la capsule, sauf le cas énoncé plus haut, ne sont que des ligaments d'arrêt.

Muscles

Les mouvements des différentes parties du squelette sont mises en mouvement par les muscles. Nous

allons chercher leurs insertions optima en vue du mouvement à produire. Le muscle n'agit que d'une seule pression, en tentant de rapprocher ces deux extrémités. Signalons au passage la loi de WEBER-FICK qui peut s'énoncer ainsi : « La longueur des faisceaux charnus d'un muscle est double du raccourcissement maximum possible. » Les déplacements des extrémités considérées comme mobiles sont donc faibles, ce qui implique un petit bras de levier pour les mouvements de grande amplitude. Pour l'extension, les leviers sont en général du premier genre, pour la flexion du troisième.

En première analyse on peut distinguer les muscles qui s'insèrent de part et d'autre d'une articulation et ceux qui passent au voisinage de plusieurs articulations. Dans la première classe l'action du muscle est en général simple, mais dépend du genre de l'articulation : sphérique ou circulaire. Pour les articulations sphériques, la contraction du muscle peut produire une variation des trois paramètres. Le muscle contracté tend à prendre une direction générale rectiligne à la suite de son ou ses tendons. Si d'autres muscles interviennent par leur action, le mouvement résultant peut être absolument quelconque. C'est ainsi que le grand pectoral peut être adducteur et rotateur interne du bras, l'un ou l'autre et même porter le bras en avant, lorsque celui-ci est rejeté en arrière.

Dans les articulations circulaires, où un seul mouvement est possible — rotation autour d'un axe, — l'action du muscle est simple. Il est à remarquer qu'elle ne s'exerce pas toujours perpendiculairement à l'axe de rotation, ce qui serait l'action optima. Mais comme elle s'en écarte peu, la force axiale est négligeable.

Lorsque les muscles franchissent plusieurs articulations, leur action est beaucoup plus complexe et ne se prête pas à l'analyse.

Artères et nerfs

Les artères et les nerfs suivent des trajets tels que le mouvement des articulations ne les allongent pas. En général, ils passent dans les articulations circulaires, dans l'angle des os inférieurs à 180° quelquefois par l'axe de rotation. Dans les articulations sphériques ils côtoient la capsule dans la région où se font les mouvements de plus grande amplitude. Parfois quelques méandres rectifiés dans le mouvement leur permettent d'augmenter la distance entre deux de leur point.

ARTICULATION DU COUDE

Nous avons longuement étudié dans les préliminaires les surfaces articulaires et les ligaments, mais cela nous a permis de constater, ce qui a une importance capitale, que les surfaces articulaires sont toujours en contact par des zones importantes, car elles se moulent l'une sur l'autre et, d'autre part, que les ligaments de maintien se fixent au centre de rotation. En nous basant sur ces deux principes, nous chercherons à élucider des questions qui semblent difficiles à résoudre par l'examen direct.

Dans le but de simplifier l'exposé de cette question complexe, nous traiterons autant que possible séparément les trois articulations qui forment celles du coude. Dans l'étude de leur ensemble bien des questions seront ainsi déjà mises au point.

Rappelons d'abord que l'extrémité inférieure de l'humérus est aplatie d'avant en arrière. Son diamètre transverse est, d'après CRUVELHER, quatre fois plus grand que le diamètre antéro-postérieur. Elle est de plus recourbée en avant de telle sorte qu'elle est presque entièrement placée en avant du corps de os. (POIRIER, ROUVIÈRE, HOVELACQUE).

Articulation huméro-radiale

En première approximation, cette articulation peut être considérée comme sphérique. L'extrémité du radius aurait donc sa position fixée par trois para-

mètres, si elle n'était pas astreinte à une condition supplémentaire qui ne lui laisse que deux degrés de liberté. Comme dans toutes les articulations de ce genre, il n'y a pas de ligament de maintien. Toutes ces particularités lui viennent de sa liaison avec le cubitus et ne peuvent être étudiées ici. Nous nous attacherons donc à préciser seulement les surfaces articulaires et la forme de la tête radiale.

Quelle est la forme du condyle ? Saillie, convexe, en haut et en bas, et convexe transversalement, dit HOVELACQUE, ce qui ne nous renseigne pas suffisamment. Car nous cherchons à savoir si le condyle est une portion de sphère ou non. GRÉGOIRE le décrit en forme de segment de sphère, POIRIER comme une éminence arrondie, TESTUT comme une saillie semi-sphérique, aplatie dans le sens transversal.

Est-il nécessaire que le condyle soit sphérique puisque l'articulation huméro-radiale ne dépend plus que de deux paramètres ? Considérons le bras pour un angle déterminé du cubitus sur l'humérus, nous savons que le radius tourne pour la supination autour du cubitus. La cupule du radius tournera donc autour d'un de ses points en contact avec un point du condyle. Ce point devra donc être un axe de rotation pour les deux surfaces. Considérons maintenant une position différente du cubitus, nous aurons encore un point fixe, axe de rotation dans les deux surfaces. Or, une surface qui a deux axes de rotation est forcément une sphère. Donc la seule solution vraiment concordante est le condyle segment de sphère, ainsi que la cupule radiale. Il pourrait y avoir pour le condyle une solution approchée suffisante : par exemple une surface coïncidant avec la sphère de concordance exacte sur un assez grand nombre de points — pour fixer les idées des deux tiers de la surface de la sphère. Le reste n'interviendrait pas dans le jeu normal des articulations. Ce fait ne serait pas nouveau car nous avons déjà observé que la plus petite surface articu-

laire n'était pas forcément en contact dans sa totalité avec l'autre. Nous avons même tenté d'expliquer ce phénomène par le mode de lubrification.

La cupule est circulaire dit HOVELACQUE qui veut sans doute indiquer par là qu'elle a la forme d'un segment de sphère limité par une courbe plane c'est-à-dire circulaire. Et comme ici encore nous n'avons pas trouvé la précision que nous aurions désiré, nous chercherons à l'avoir au moins dans les termes. La tête du radius est en première approximation cylindrique, segment d'un cylindre de révolution. Le pourtour de cette tête est limité vers le haut par une courbe que nous appellerons le bord supérieur de la tête. Et vers le bas par « deux lignes courbes à concavité inférieure bord inférieur de la tête » (HOVELACQUE)... que nous n'étudions pas. Le pourtour n'a pas toujours la même hauteur. 10 millimètres au-dessus de la tubérosité bicipitale et 6 mm. en arrière et en dehors (HOVELACQUE). La face inférieure est creusée de la cupule bordée par une courbe limitante de la cupule.

POIRIER ne semble pas être de l'avis d'HOVELACQUE, mais sa description n'a pas la précision de termes à laquelle il nous a habitué dans ses ouvrages.

« La forme de cette cupule, écrit-il, n'est pas exactement circulaire, le diamètre antéro-postérieur l'emporte généralement de 1 à 1 mm. 5 sur le diamètre transverse, sa courbure répond à celle du condyle huméral. Elle représente un segment de sphère de 10 à 11 millimètres de rayon. »

Nous ferons seulement observer au sujet de ces avis différents que la courbe limitante de la cupule n'est pas plane. Elle est plus élevée au-dessus de la tubérosité bicipitale et dans la région diamétralement opposée. Cette irrégularité de forme peut avoir une grosse influence étant donné le peu de profondeur de la cupule. En effet, soit r le rayon d'une section plane de sphère, h la hauteur de la calotte sphérique cor-

respondante et D le diamètre de la sphère nous avons d'après le théorème connu :

$$p^2 = (D-h) \times h$$

Prenons les chiffres POIRIER, arrondis au millimètre, nous avons $D = 20$ mm. ainsi que le diamètre du pourtour de la tête, ce qui est d'ailleurs à peu près évident,

r devra donc être inférieur à 9 mm. en laissant 1 mm. par le bord

Pour $h = 1$ r = 4,3 pour $h = 2$, r = 6 mm.

$h = 3$ r = 7,1 $h = 4$ r = 8

$h = 5$ r = 8,7 $h = 6$ r = 9,2

La profondeur maxima de la cupule est de 4 à 5 mm. du fait de la condition imposée à r. Or un millimètre de différence de hauteur correspond à 1 mm. 4 de différence de diamètre pour la cupule. Ceci expliquerait d'une façon satisfaisante l'inégalité des diamètres antéropostérieurs et transversaux.

Les chiffres de HOVELACQUE sont différents mais aboutissent aux mêmes conclusions. Le diamètre = 26 mm., le rayon doit donc être inférieur à 11 mm.

Pour $h = 4$, r = 9,4 pour $H = 5$ r = 10,2

pour $h = 6$ r = 11

Là encore un millimètre de différence de hauteur correspond à 1 mm. 6 d'augmentation de diamètre entre 4 et 6 mm. de profondeur.

Rappelons le résultat obtenu précédemment dans l'étude des surfaces articulaires : Une articulation sphérique peut fonctionner comme absolument concordante pourvu que la surface externe soit rigoureusement sphérique et que la surface interne soit en contact avec la précédente par des régions suffisamment étendues. Si donc la cupule est bien un segment de sphère comme l'affirme HOVELACQUE et si les irrég-

gularités signalées par POIRIER ont la cause que nous avons indiquée plus haut, l'articulation huméro-cubitale fonctionnera comme une articulation sphérique concordante.

Si la cupule n'est pas un segment de sphère sa forme en est très peu différente et les mouvements dans l'articulation très voisins de ceux envisagés. Il serait cependant intéressant de savoir si avec un condyle de forme aplatie dans le sens transversal, il pourrait se produire dans la cupule pénésphérique des déplacements tels que l'axe de la cupule décrive une courbe allongée transversalement. Le problème est très délicat : Certes il est aisé de trouver une solution géométrique par exemple une sphère de plus petit rayon. Mais alors le contact des deux surfaces se fait géométriquement en un point c'est-à-dire sur une zone de très faible dimension ; ce qui est incompatible avec ce que nous savons du modelage des surfaces articulaires. Il faut donc chercher une surface qui sur une zone étendue se comporte comme une sphère pour avoir un contact important avec la cupule. C'est donc une portion de sphère de même rayon que celle-ci inférieure à une demi-sphère. Elle peut se raccorder à un ellipsoïde de révolution ou à un autre segment de sphère, en arrondissant l'arête de la ligne de contact. Mais quelle que soit la forme du condyle s'il est en contact par sa zone sphérique avec la cupule, le mouvement d'un de ses points restera sur une sphère. Pour la surface en forme de lentilles bi-convexe, il pourrait en être autrement, le contact étant assuré par une face ou par une autre. La courbe précédemment envisagée se composerait alors de deux arcs de cercle. Il y aurait une discontinuité dans le mouvement de la cupule qui n'est pas observée dans la pratique.

Si les solutions exactes sont impossibles, on peut en chercher d'approximatives. Par exemple une sphère de diamètre un peu inférieur à celui de la cupule.

Grâce à l'élasticité du cartilage de revêtement le contact des deux surfaces est étendu puisque la courbure est sensiblement la même. La sphère interne peut rouler dans la sphère externe, sans que la théorie du modelage s'y oppose. Toutefois il faut remarquer que pour que cette théorie s'applique réellement, il est nécessaire que le centre de la sphère mobile décrive une portion de sphère correspondant au parcours total sur la sphère fixe. Il faudrait donc qu'il y ait contact en tout point de la cupule avec le condyle dans les différents mouvements de pronation-supination, flexion-extension. Or, dans le premier mouvement, l'angle de rotation ne dépasse pas 180° . Il y aurait donc toute une région de la cupule qui ne serait jamais en contact avec le condyle. Dans ces circonstances, on conçoit difficilement comment elle pourrait le modeler. Il faudrait admettre que dans le mouvement de flexion-extension, le condyle soit de forme telle qu'il entre successivement en contact avec toutes les régions de la cupule. Condition délicate à réaliser pour les solutions approximatives.

En conclusion nous sommes réduits au dilemme suivant :

— ou bien l'articulation fonctionne comme si elle était rigoureusement sphérique ;

— ou le principe du modelage des surfaces l'une sur l'autre ne s'applique pas ici.

Il n'y a rien à signaler pour le ligament de cette articulation.

Articulation huméro-cubitale.

Cette articulation s'étudie mieux que la précédente, indépendamment des deux autres, car ces mouvements ne sont pas entravés par le radius. Elle comporte évidemment un degré de liberté ; l'angle que

fait son axe longitudinal avec celui de l'humérus, par exemple. La surface articulaire de l'humérus est une trochlée de forme irrégulière, celle du cubitus se décompose en deux : les grandes cavités sigmoïdes supérieure et inférieure, séparée par un sillon transversal, plus ou moins rempli de franges graisseuses. Cette articulation est solide, le cubitus enserre quelquefois la trochlée sur un angle supérieur à 180° et ressemble de profil à une main également de profil entourant une barre cylindrique de 7 à 8 cm. de diamètre. Dans le cas précédemment cité, on ne peut séparer les deux os sans en briser un.

Cette articulation pourrait-elle comporter d'autres sortes de mouvements ? A notre connaissance cette opinion n'a jamais été soutenue, la forme de la trochlée, la position du ligament n'autorisant que de faibles déplacements parallèlement à l'axe de rotation.

Mais ce qui est beaucoup plus discuté est de savoir si cette articulation a un paramètre et est circulaire ou hélicoïdale.

« L'articulation huméro-cubitale n'est pas une simple charnière, déclare POIRIER. C'est une articulation en pas de vis ». (DUCHÈNE, MEISSNER, KOSTER, HELBERG, CUNÉOD, etc...). Il est facile de s'en convaincre.

1° Par la simple inspection de la gorge de la trochlée humérale.

2° En relevant l'empreinte laissée sur une des surfaces par une pointe fixée sur l'autre.

3° En pratiquant une coupe sagittale du coude, si on vient imprimer des mouvements de section ou d'extension, à l'un des os, il s'élève ou s'abaisse mais ne reste jamais dans le même plan que le segment immobile. Le pas de vis trochléen autour duquel se visse et se dévisse le cubitus, se dirige en avant à droite sur l'humérus droit et à gauche sur l'humérus gauche. En d'autres termes l'extrémité antérieure ou

coronoïdienne de la ligne sphéroïde est située plus en dehors que son extrémité postérieure ou olécrânienne ».

« Charnière ou articulation en pas de vis, d'après « HULTKRANTZ, le déplacement latéral du cubitus ne « se produit pas toujours, écrit ROUD. Sur treize cas « étudiés à ce point de vue, trois fois il n'y avait au- « cun déplacement latéral, quand il existait, il variait « de 0,5 à 2 mm. et ne se faisait pas toujours dans le « même sens. Le déplacement du cubitus se faisait « 6 fois de dedans en dehors pendant la flexion, 4 « fois de dehors en dedans. »

Pour M. ROUVIÈRE : « Quand la gorge de la trochlée décrit un arc d'hélice, le cubitus subit des déplacements latéraux très limités. » Mais dans le même ouvrage, il décrit la gorge de la trochlée humérale comme dirigée sur les deux faces antérieures et postérieures « de haut en bas, de dehors en dedans » C'est donc qu'il considère la forme hélicoïdale de la trochlée comme exceptionnelle.

GRÉGOIRE signale, sans affirmer que la « gorge dessinerait une spirale allant d'avant en arrière et un peu de dedans en dehors ». Dans une édition plus récente du *Traité d'anatomie* de POIRIER, ses continuateurs s'expriment ainsi : « La gorge de la trochlée décrit une courbe de 9 mm. 8 de rayon (DENUCE). Les anciens auteurs considéraient cette courbe comme appartenant à un segment de cercle. Actuellement la plupart des classiques, à la suite de LANGER et MEISSNER la regardent comme étant du type hélicoïdal (articulation cochléaire) c'est-à-dire qu'elle s'enroulerait en pas de vis autour de l'axe transversal de l'extrémité inférieure de l'humérus. Le pas de vis serait dirigé obliquement en avant et à gauche pour l'humérus gauche, en avant et à droite pour l'humérus droit. Ainsi l'extrémité antérieure de la gorge serait située à quelques millimètres (2 à 4) en dehors de

l'extrémité postérieure. Contrairement à l'opinion précédente, BRAUNE, KYRKLUND et FISCHER ont démontré que la disposition en pas de vis est exceptionnelle. D'après eux, la courbure de la gorge trochléenne représente un cercle coudé suivant son diamètre vertical ; de sorte que les deux moitiés antérieures et postérieures, sont situées chacune dans des plans différents. Ces deux plans feraient entre eux des angles d'environ 130 degrés ouverts en dehors. »

Résumons ces différentes opinions : arc de cercle pour les anciens, la gorge devient hélicoïdale dextrorsum plus que sinistrorsum du côté droit. Enfin certains ne la rapprochent d'aucune courbe (HOVELACQUE) ou la croient un cercle coudé.

Il nous a semblé sur les différents textes que nous avons eus entre les mains, que la gorge n'était nette que sur la face antérieure, mais nous défiant de nos observations, nous raisonnerons ainsi :

— ou bien les surfaces sont en contact le long de la gorge ;

— ou bien elles ne le sont pas — une réserve étant faite pour un contact partiel.

Si les surfaces sont en contact le long de cette gorge, les points de la surface mobile correspondants devraient pouvoir occuper successivement, dans certaines limites, les points de la courbe. Or, seule une hélice parfaite ou un cercle dont le plan serait perpendiculaire à l'axe de rotation, jouissent de cette propriété. En effet, il faut qu'après une rotation quelconque, les points de la surface mobile qui sont à la place d'autres points de cette même surface, se trouvent exactement dans les mêmes conditions. Or les points de la gorge sont à une distance minima de l'axe de rotation par définition. A un point de cette courbe dont le mouvement ne peut donc être remplacé que par un autre point de cette même courbe. Si le point est venu de dedans en dehors, celui qui le remplace

devra effectuer le même mouvement. Il ne peut donc être question de cercle coudé qui nécessiterait une discontinuité dans le mouvement des points. A des angles égaux de section-extension, devront donc correspondre des déplacements latéraux égaux à moins qu'ils ne soient nuls ce qui n'est qu'un cas particulier. Le premier cas correspond à l'hélice dont c'est la définition. L'autre au cercle indiqué plus haut.

Si donc la gorge n'est ni une hélice ni un cercle, c'est que les deux surfaces ne sont pas en contact le long de cette courbe et c'est, croyons-nous, le fait le plus constant. Le contact se fait par les joues de la trochlée sur les surfaces correspondantes. Peut-être y a-t-il une position, limite probablement où il y a contact tout le long de la courbe. Peu importe si habituellement il n'en est pas ainsi. Donc le mouvement ne peut être qu'hélicoïdal ou circulaire ; mais de ces deux solutions quelle est la bonne ? Nous revenons là aux arguments invoqués par POIRIER. « Le mouvement hélicoïdal il est facile de s'en convaincre :

1° Par la simple inspection de la trochlée humérale. »

Nous venons de démontrer que sa forme ne peut avoir aucune influence sur le mouvement puisqu'il n'y a pas contact le long de cette courbe.

2° « En relevant l'empreinte laissée sur une des surfaces par une pointe fixée dans l'autre » — nous n'avons pas fait cette expérience, mais nous avons remarqué que le bord externe des grandes cavités sigmoïdes longeaient sans mouvement les translations, la crête bordant la joue externe de la trochlée. Cette crête a d'ailleurs l'aspect hélicoïdal par rapport à la gorge, mais cela ne prouve rien.

3° « En pratiquant une coupe sagittale du coude dans les mouvements de flexion-extension, l'os mobile ne reste pas dans le même plan. » Il est bien difficile de conclure par de telles expériences. En effet

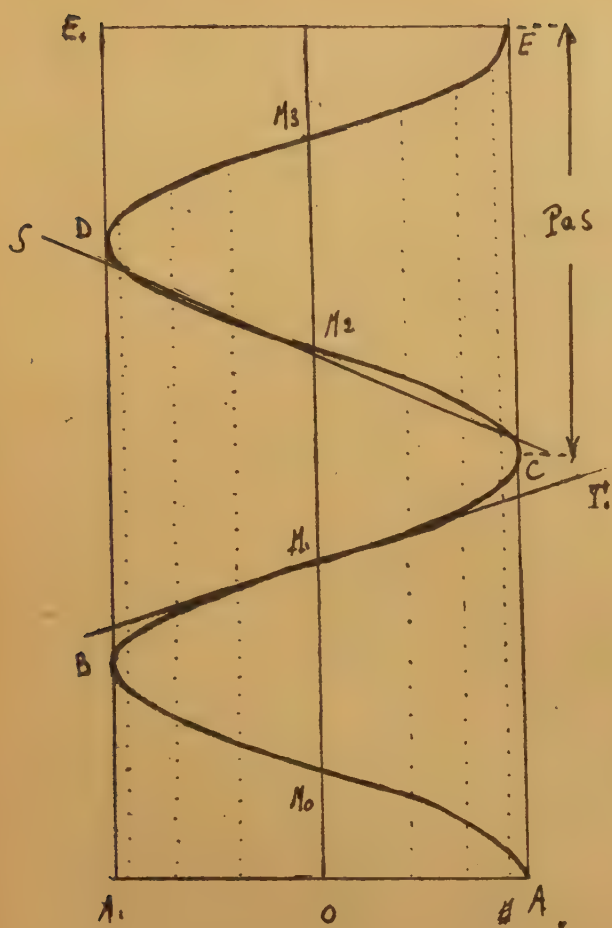


FIG. 4

$A M_0 B M_1 \dots E =$
Hélice.

$A E E_1 A_1 =$ Con-
tour apparent du
cylindre.

$A_1 A =$ diamètre
du cercle de base.

$M_1 T_1 \doteq$ Tangente
à l'hélice au
point M_1 .

$M_2 S \doteq$ Secante
voisine de la tan-
gente en M_2 .

$A C = B D = C I,$
 $=$ Pas de l'hélice



les mesures sont pénibles et leurs précisions illusoires. Distinguer un arc d'hélice d'un arc de cercle osculateur au point moyen est pratiquement impossible. Le mouvement de flexion-extension, du cubitus est inférieur à 180° — pratiquement 130 ou 150 — Le pas de l'hélice est extrêmement faible, 4 à 5 mm. au grand maximum. Tout concourt à rendre la distinction impossible. Sans entrer dans de grands développements mathématiques, remarquons, si nous prenons comme point moyen, un point tel que le plan osculateur soit de front, dans une hélice décrite sur un cylindre de révolution à axe vertical. Ce plan osculateur se projettera sur le plan vertical, tangent ce point, suivant une droite et l'hélice suivant une sinusoïde. La distance de la courbe au plan osculateur se projettera en vraie grandeur et sera égale et parallèle à la perpendiculaire menée d'un point quelconque de la sinusoïde à la droite envisagée plus haut. Or cette droite est tangente à la sinusoïde qu'elle coupe en trois points. Un simple graphique montre que la sinusoïde s'éloigne lentement de la droite, même lorsqu'il s'agit d'angles importants. Le calcul montre que pour 180 degrés (90° de chaque côté), la distance est inférieure au demi-millimètre pour un rayon de 1 cm. et un pas de 5 mm. D'ailleurs le fait que l'hélice est trouvée tantôt dextrorsum tantôt sinistrorsum prouve bien le manque de précision des mesures.

Il est donc impossible de conclure si ce n'est en affirmant que s'il s'agit d'une hélice, le pas est extrêmement faible.

L'axe de rotation de la trochlée considérée comme surface de révolution, n'est pas perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'humérus. Nous pouvons être affirmatif quelle que soit l'incertitude de la position de cet axe, car l'angle dont il est question est toujours trop différent de l'angle droit. Supposons, pour nous mettre dans le cas le plus défavorable, que le plan

de référence pris comme plan frontal soit celui de l'axe de rotation. Toute section par le plan sagittal de l'axe de l'humérus n'est pas perpendiculaire à l'axe de la trochlée. Donc tout point en rotation autour de cet axe s'éloignera ou s'approchera du plan sagittal considéré. Il n'en décrira pas pour cela une hélice mais un cercle dont le plan fait un certain angle avec le plan de la section.

Maintenant pourquoi la gorge de la trochlée n'est-elle pas en contact avec la partie correspondante du cubitus ? La théorie du modelage semble un peu, mais quand même très peu en défaut. En biologie il n'y a pas de règle absolue, répéterons-nous, et cette petite exception nous prouve une fois de plus que la vieille force formatrice avait sa raison d'être. Nous n'avons trouvé aucune explication à cette anomalie. Nous nous bornerons à indiquer l'hypothèse de la lubrification : les grandes surfaces sigmoïdes sont peut-être trop étendues pour être bien lubrifiées dans leurs contours. Peut-être ce canal central conduit-il la synovie au milieu même de l'articulation comme la rainure transversale.

En résumé la solution qui nous semble la plus probable est celle d'une articulation circulaire à forme de trochlée. L'axe de rotation n'est pas normal au grand axe de l'humérus, ni à celui du cubitus. Notions que nous préciserons plus tard. La forme trochléenne empêche les mouvements de latéralité et de rotation perpendiculaire à l'axe de la trochlée, ne laissant subsister qu'un faible jeu.

Comme toute articulation circulaire l'articulation huméro-cubitale a des ligaments de maintien qui se trouvent latéralement et s'insèrent sur l'humérus dans une région très voisine de l'axe de la trochlée. Le ligament latéral interne prend naissance sur la partie inférieure de l'épitrachée, qui en arrière et au-des-

sus de la joue interne semble passer par le centre de sa base assez irrégulière d'ailleurs. Il s'étale en trois faisceaux, antérieur, moyen et postérieur, dont les insertions cubitales n'ont rien de spécial pour le sujet que nous traitons ici. Peut-être pourrait-on y voir une application de la solution approchée par trois faisceaux de ligament, quoiqu'ici nous ne le croyons pas.

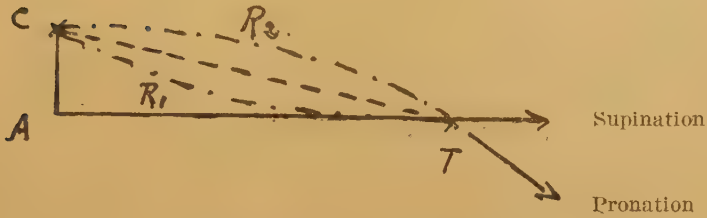
Le ligament latéral externe a les mêmes caractéristiques que le précédent issu de l'épicondyle sur l'axe de rotation, il se compose également de trois faisceaux dont l'antérieur et le moyen contribuent à former le ligament annulaire. Leurs insertions cubitales n'offrent également rien de particulier, la tête du radius étant entraînée dans les mouvements de flexion-extension avec celle du cubitus, ne gêne en rien les ligaments, qui se comportent comme s'ils se fixaient sur un ligament annulaire solide, partie intégrante du cubitus.

Articulations radio-cubitales

Les articulations radio-cubitales inférieures et supérieures très distinctes anatomiquement, forment cependant un tout physiologique. Elles sont analogues avec une différence que nous étudierons dans la suite provoquée par le fait que dans l'articulation radio-cubitale supérieure c'est le radius qui tourne dans une excavation du cubitus et qu'à l'inférieure c'est l'inverse. L'articulation est fonction d'un paramètre elle est donc comme toujours circulaire ou hélicoïdale.

Certains anatomistes ont cru que le condyle huméral n'était pas en contact avec la cupule radiale mais nous n'avons jamais pu identifier s'ils attribuaient au radius un mouvement suivant son axe dans la flexion-extension ou si le radius étant fixe par rapport au cubitus dans les mêmes mouvements ils ne voyaient là qu'un manque de centrage du condyle par rapport

Fig. 5. — MECANISME DE LA PROSUPINATION



SCHEMA SUR UN PLAN SAGITTAL

$C R_1 T$ = Schéma du radius en supination.

$C A T$ = Schéma du cubitus fixe.

$C R_2 T$ = Schéma du radius en pronation.

$C T$ = Axe de rotation.



SUR UN PLAN DE FRONT

$O T$ = Axe de rotation.

$C T$ = Axe de cubitus.

$C S T$ = Aspect général du cubitus.

$O R_1$ et $O R_2$ = Radius en supination et en pronation.

à la trochlée. Nous chercherons à élucider ces questions dans l'étude d'ensemble de l'articulation et nous nous contenterons de supposer l'articulation radio-cubitale supérieure comme sphérique concordante ainsi que l'inférieure. Nous ne nous faisons aucune illusion sur ce que ces hypothèses ont d'artificiel, nous ne les formulons que pour simplifier l'exposé. Nous supposons donc que le radius tourne autour d'un axe défini par le centre de la tête radiale et le centre de la tête du cubitus. Si au point de vue de la mécanique théorique ce mouvement n'offre aucune difficulté, il n'en est pas ainsi dans sa réalisation pratique. En effet la tête du radius reste du même côté du cubitus (côté externe), alors que son extrémité inférieure passe du côté externe au côté interne. Si ces deux os étaient rectilignes, il y aurait impossibilité ceci n'est réalisable que par suite de leurs formes spéciales. En pronation, le radius passe en pont au-dessus de la partie moyenne du cubitus et celui-ci s'abaisse pour le laisser passer plus facilement en lui évitant une trop grande incurvation. Très schématiquement le cubitus de profil peut être représenté par un angle droit dont un côté serait très court par rapport à l'autre. L'axe de la trochlée est en effet un peu en avant de l'axe longitudinal du cubitus, sur lequel se trouve approximativement le centre de l'articulation radio-cubital inférieur. L'axe de rotation du radius passe, vu de profil, par les deux points indiqués comme nous le verrons plus tard.

Si le cubitus est de forme générale à peu près plane dans un plan sagittal il n'est plus de même de celle du radius qui a une double courbure c'est-à-dire qui est gauche. Les deux courbes sont l'une à concavité antérieure, l'autre interne, beaucoup plus faible. De profil le radius peut être schématisé par un arc de cercle joignant les points fixes de sa rotation et tangent au cubitus au centre de la tête. Après rotation de 180° supposée possible, c'est-à-dire en pronation

complète l'arc sera symétrique du premier par rapport à l'axe de rotation. Evaluons l'angle de cercle de ces deux positions successives au point correspondant à la tête du cubitus. Admettons comme chiffre simple, puisqu'ici toute précision est encore impossible 25 cm. pour la longueur du cubitus et 1 cm. 5 à 2 cm. comme distance de l'axe de la trochlée à l'axe longitudinal du cubitus. L'angle de l'axe de rotation du radius avec l'axe du radius est en millièmes :

$$\frac{1,5}{25} = \frac{60}{1000} = 60 \text{ millièmes.}$$

L'angle cherché est double c'est-à-dire de 120 millièmes ou 7° si nous avons pris 2 cm. nous aurions obtenu 160 millièmes ou 9°. Sur une projection horizontale le cubitus est représenté par un segment de droite limité par 2 points représentant la tête du cubitus et le centre de la trochlée. Le radius est toujours représenté par un arc de cercle de rayon mal défini mais plus grand que l'arc précédemment envisagé (HOVELACQUE). Nous considérons l'arc limite aux articulations c'est-à-dire qu'il aura pour corde une droite égale et parallèle au cubitus en supination, mais déplacée en dehors d'une quantité égale à la distance de l'axe du cubitus au centre de la tête radiale. Le radius s'éloigne d'abord du cubitus puis se rapproche. Mais lorsqu'il aura tourné de 180°, lorsqu'il sera en pronation, ce sera l'inverse : il s'approchera plus vite du cubitus que s'il était rectiligne et le franchira plus tôt. L'extrémité inférieure du radius se déplace dans la supination d'une quantité double de sa distance initiale à la tête cubitale. S'il était rectiligne il franchirait le cubitus juste en son milieu. Grâce à sa courbure il le franchit donc plus tôt et utilise ainsi la position en retrait de la diaphyse cubitale par rapport à l'axe de la trochlée.

Cet ensemble de dispositions permet une pronation

maxima. De même la direction de l'extrémité inférieure du radius est dirigée en pronation de haut en bas et d'avant en arrière, elle est aussi en ce mouvement amenée de dehors en dedans. Nous donnerons aussi un ordre de grandeur pour cet angle, soit 25 cm. de longueur pour le cubitus et 2×3 cm. le déplacement de l'axe du radius à l'articulation radio-cubi-

6

tale inférieure. L'angle sera de $\frac{240}{25} = 240$ millièmes,

25

c'est-à-dire 14° , avec une précision que nous espérons ne pas surestimer en l'évaluant à 30 ou 40 %. I y a

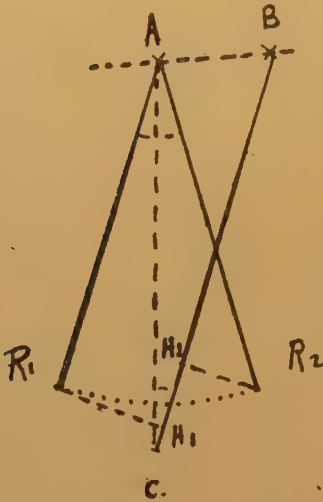


FIG. 6

- A = Centre du condyle.
- B = Centre de la trochlée.
- B C = Axe du cubitus.
- A R₁ = Axe du radius en supination.
- A R₂ = Axe du radius en pronation.
- A C = Axe de rotation du radius autour du cubitus.
- H₁ et H₂ = Projection orthogonale de R₁, R₂ sur B C.
- H₁ H₂ = Raccourcissement apparent du radius.

$$(1 - \cos R_1 \wedge R_2) H_1 H_2 =$$

$$\underline{A R (1 - \cos R_1 \wedge R_2)} = A R_1 \times \frac{1}{2} \times \left(\frac{240}{1000} \right)^2$$

encore un fait assez curieux dans cette articulation. C'est le raccourcissement apparent du radius. En effet si on considère la projection du radius sur le cubitus en supination leurs axes sont en général à peu près parallèles. Ils se projettent donc en vraie grandeur l'un sur l'autre. Au contraire en pronation, ils font un angle évalué à 240 millièmes ; la projection est

donc diminuée du produit de sa longueur par l'ex-

pression — $\left(\frac{1}{2} \right)$ (2) c'est-à-dire diminué de 2 1/2 %
 $\frac{2}{1000}$

ou de 6 mm.

On conçoit aisément maintenant pourquoi l'articulation du carpe et de l'avant-bras se fait par le radius seul plus long que le cubitus de « longueur active » (DESTOT) et non pas par les extrémités inférieures de ces deux os.

Nous avons supposé l'articulation cylindrique, sans déplacement suivant l'axe de rotation, ce qui est très discuté, d'ailleurs. Mais nous partirons encore de cette hypothèse pour étudier les ligaments de maintien seuls intéressants du fait de leur position spéciale. Le ligament annulaire est tout à fait particulier, il se comporte presque comme une surface articulaire ; nous ne l'étudierons donc pas, ainsi que le ligament triangulaire qui est en dehors de notre sujet. Il nous reste donc le ligament interosseux. « C'est une membrane fibreuse qui s'étend du bord interne ou interosseux du radius au bord externe ou interosseux du cubitus » (ROUVIÈRE). Toutefois le ligament interosseux n'occupe pas tout cet espace ; il se termine en haut à 2 cm. environ au-dessous de la tubérosité bicipitale. Le ligament interosseux est à la fois épais, résistant,

On sait que dans un triangle rectangle un côté de l'angle droit est égal au produit de l'hypothénuse par le cosinus de l'angle adjacent.

L'angle est ici petit : 240 millièmes.

Pour connaître la valeur du cosinus on s'adresse à son développement limité :

$$\cos. x = 1 - \frac{x^2}{2!}$$

Le raccourcissement apparent est donc :

$$r = 1 - 1 \cos. x = 1 - 1 \left(1 - \frac{x^2}{2!} \right) = \frac{1 x^2}{2!}$$

et différenciers en faisceaux fibreux dans les 2/3 supérieurs, tandis qu'il est mince et membraneux dans le 1/3 inférieur. « Cela tient à la double origine du ligament, Il est constitué par une membrane primitive mince à laquelle s'ajoute au cours du développement des faisceaux fibreux qui résultent de la transformation fibreuse progressive des fibres musculaires en rapport immédiat avec elle » (ROUVIÈRE et GRANEL).

« C'est ainsi qu'on distingue sur la face antérieure du ligament interosseux des faisceaux fibreux dirigés obliquement de haut en bas et de dehors en dedans. Ces faisceaux proviennent de la transformation fibreuse des fibres les plus profondes du muscle fléchisseur commun profond des doigts dont les insertions s'étendent jusqu'au radius. C'est ainsi également qu'on observe sur la face postérieure du ligament et dans son tiers supérieur, un faisceau fibreux épais, connu sous le nom de ligament oblique interosseux radio-cubital (LAMART). Ce ligament s'étend de haut en bas et de dedans en dehors du cubitus au radius où il se termine sur le tubercule interosseux. Il provient de la transformation fibreuse des faisceaux les plus profonds du muscle long abducteur du pouce. On voit très souvent aussi, au-dessous du ligament oblique, un deuxième faisceau radio-cubital inférieur plus grêle, provenant de la régression fibreuse des fibres profondes du court extenseur du pouce. »

Résumons ce long emprunt à M. ROUVIÈRE. Le ligament interosseux part à deux centimètres au-dessous de la tubérosité bicipitale. Seuls les 2/3 supérieurs méritent le nom de ligament. Les fibres sont dirigées de haut en bas, de dehors en dedans. Deux ligaments étroits postérieurs ont une disposition inverse. Si l'articulation est circulaire, ce que nous avons supposé, l'insertion de la membrane fibreuse résistante doit se faire sur l'axe de rotation. Cet axe comme nous le verrons plus tard part du centre du condyle considéré comme sphérique au centre de la tête cubitale. Une

des insertions cubitale ou radiale doit donc être en ligne droite suivant cette direction. Ce n'est évidemment pas la radiale. Examinons la cubitale dans un plan frontal et dans un plan sagittal.

Dans un plan frontal nous voyons le bord extrême du cubitus décrire une courbe comme pour s'approcher du radius, puis se redresser à la hauteur de l'angle inférieur de la surface sous sigmoïdienne, continuer en ligne droite son chemin jusqu'à la région inférieure du champ d'insertion de l'extenseur propre de l'index. Si nous prolongeons cette ligne droite nous constatons qu'elle passe bien par le centre de la tête cubitale et à peu près par le centre estimé du condyle.

Pour obtenir le résultat que nous escomptons, nous devons faire une autre vérification sur un plan perpendiculaire au premier, sur un plan sagittal. Le bord externe nous apparaît alors sous la forme d'un S allongé. La première partie est concave en avant jusqu'à un point situé un peu au-dessous de l'angle inférieur de la surface sous-sigmoïdienne. Ensuite, le bord se redresse, se courbe de nouveau dans une concavité intérieure au bas du champ de l'extenseur propre de l'index.

Il y a donc un segment pratiquement rectiligne sur les deux projections frontale et sagittale. Ces deux segments se correspondant, ils représentent donc bien un segment de droite comme la théorie nous le faisait prévoir. Il est plus difficile de vérifier sur la projection sagittale si cette droite passe bien par le centre de la sphère condyle, dont rien n'indique la position. Mais elle passe dans cette projection, par le centre estimé de la tête cubitale. Un tel ensemble de coïncidence ne peut être l'effet du hasard ; aussi pouvons-nous affirmer qu'au moins approximativement la membrane interosseuse se fixe dans sa partie résistante sur l'axe de rotation du radius tournant autour du cubitus.

ARTICULATIONS DU COUDE

Des principes exposés dans la première partie de cette étude, nous avons déduit quelques conséquences anatomiques pour les différentes composantes du coude. Nous continuerons la même méthode pour cette dernière articulation prise dans son ensemble. Comme précédemment, nous n'insisterons que sur les questions en suspens où s'applique notre procédé de recherche.

Flexion-extension. — Considérons en premier lieu les mouvements de flexion-extension, l'avant-bras étant en supination et demeurant dans cette position.

Le condyle huméral est-il continuellement en contact avec la cupule radiale ?

« Dans les mouvements de flexion, écrit POIRIER, le biseau radial glisse sur le plan incliné huméral et la cupule radiale qui, dans l'extension, n'est point en contact avec le condyle huméral, vient le coiffer peu à peu. »

GRÉGOIRE est du même avis. « Articulation de flexion-extension de l'avant-bras sur le bras, elle est essentiellement formée par l'articulation huméro-cubitale qui est une articulation trochléenne. De plus, à partir de la flexion à angle droit, la tête radiale entre en contact avec le condyle huméral ; cette énarthrose joue donc un certain rôle dans les mouvements de flexion-extension.

Par la radiographie, MM. BELOT et LE PENNETIER obtiennent le même résultat, mais cette opinion n'est pas générale. DESTOT et HOVELACQUE affirment le contraire. TESTUT et M. ROUVIÈRE ne signalent pas de discontinuité dans le contact condyle-cupule, TESTUT met sous les yeux la section frontale d'une articula-

tion du coude en extension totale sur un sujet congelé et indique le contact des deux surfaces.

La question n'est pas aisée à traiter. La théorie du modelage appliquée en deux régions différentes, semble au premier abord donner des résultats opposés. Le fait que le condyle ne se continue pas sur la face postérieure de l'extrémité inférieure de l'humérus, et que, chez l'enfant, il peut y avoir hyperextension (ROUD),- semble justifier l'opinion de POIRIER et de GRÉGOIRE. Toute une zone de la cupule n'aurait pas de partie correspondante chez le condyle. Ce fait ne s'oppose pas catégoriquement à la théorie dont il a été fait mention précédemment, surtout dans la forme limitée où nous l'avons formulée, il laisse cependant un doute sur le contact des deux surfaces.

Mais s'il n'y a pas contact comment se trouve le condyle par rapport à la trochlée ? Comme il n'est pas aplati vers le bas mais tout au plus transversalement, son centre devra se trouver au-dessus de l'axe de la trochlée, peut-être en avant. Bref, il est excentrique par rapport à la trochlée dans les mouvements de flexion-extension sa zone de contact devra creuser la cupule suivant une sphère de rayon supérieur au sien ; car, comme l'a fait fort justement remarquer M. LE DAMANY : « Un excentrique de machine à vapeur a besoin pour ses déplacements d'un espace bien plus grand que son diamètre ». Or la position pronation-supination de l'avant-bras peut être quelconque ; donc la cupule devra se présenter sous la forme d'un segment de sphère, en cela rien de changé, mais de rayon d'autant plus grand que le condyle est plus excentré et l'articulation en sera corrélativement d'autant plus discordante, ce qui paraît impossible. Ce résultat s'accorde avec l'opinion catégorique de DESTOT et nous regrettons que POIRIER, si précis d'ordinaire, n'indique pas comment il est arrivé à formuler son opinion. Résultat d'expérience sur le vif ? Nous voudrions pouvoir les analyser. Résultats de dis-

section ? TESTUT ne semble pas être arrivé aux mêmes conclusions. Si le condyle semble au-dessus de la trochlée, nous avons déjà signalé que l'axe de celle-ci n'est nullement perpendiculaire à l'axe longitudinal de l'humérus. Bref, nous ne voyons rien de très positif en dehors des radiographies.

Par contre, l'opinion de DESTOT est encore appuyée par d'autres considérations qui ont du poids. Nous savons que les mouvements du corps humain sont régis par les lois ordinaires de la mécanique. Si donc la cupule radiale n'est pas en contact avec le condyle il y a une cause. La pesanteur ? Dans toutes les fractures d'os long les fragments tendent plutôt à chevaucher qu'à s'écarter, attirés par le tonus des muscles. Or le biceps en particulier est important, et son action jointe à celle des muscles fléchisseurs radiaux, long supinateur, etc., est plus importante que celle du poids restreint de l'ensemble main - avant-bras. Peut-on invoquer une liaison radio-cubitale tellement serrée que le radius soit maintenu loin du condyle ? Cette liaison se ferait par l'intermédiaire de ligaments, et non par une butée osseuse inexistante. Or nous savons que les ligaments, corps visqueux, cèdent à la pression même faible si elle est continue. Cette explication n'est donc pas encore satisfaisante.

N'y aurait-il pas une butée osseuse qui serait humérale ? La gouttière condylo-trochléenne ? C'est encore peu probable, car cette surface est étroite, la zone de contact très faible et l'articulation discordante.

La position extension est rare chez l'enfant, la flexion habituelle, même dans le sommeil. Le modelage des surfaces n'a donc pas pu se faire pour une position exceptionnelle ; et les ligaments tirés pendant des temps très courts, n'ont pas pu s'allonger. Au point de vue logique, il n'y a rien à objecter, mais nous ne considérons pas cette explication comme très satisfaisante.

Nous avons été amenés un peu plus haut à envisager l'axe de la trochlée ou d'une façon plus précise l'angle qu'il fait avec celui de l'humérus. Nous avons remarqué qu'on pouvait le déterminer d'une façon assez précise en considérant la tête qui limite extérieurement la joue externe de la trochlée, car si la joue interne peut se terminer d'une façon quelconque, il n'en est pas de même de l'externe, du fait de la présence de la tête radiale qui s'enfonce dans la zone conoïde en formant ainsi « une véritable trochlée accessoire » (TESTUT). Mais comme cette trochlée est concordante sur toute sa surface, sa gorge sera circulaire, dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation qui, de ce fait, a sa direction parfaitement déterminée. Or, projetée sur un plan frontal, considérée comme passant par l'axe de révolution de la trochlée, nous constatons que le segment de droite, projection du cercle, se dirige en haut et en dedans, formant un angle d'environ 50 à 150 millièmes, soit 3 à 10°, avec l'axe de l'humérus. L'angle que nous cherchons est le complément ou 80 à 87°. Ici encore nous ne donnons qu'un ordre de grandeur.

Tous les traités d'anatomie décrivent le cubitus et le radius comme obliques en bas et en dehors. « Le squelette de l'avant-bras, formant avec celui du bras un angle obtus ouvert en dehors et légèrement en avant » (HOVELACQUE). ROUD s'exprime d'une façon analogue : « Il importe d'abord de préciser la direction de la charnière du coude, direction qui est oblique sur l'axe longitudinal de l'avant-bras et sur le plan médian du corps.

« Sur un membre dépouillé de ses muscles, on voit
« que l'avant-bras étendu, forme avec le bras un angle
« obtus ouvert en dehors. Sur le vivant cette abduc-
« tion physiologique de l'avant-bras étendu est aussi
« facile à constater quand la main est placée en supi-
« nation, mais elle s'atténue et disparaît même com-
« plètement quand la main est en pronation. Cette

« inclinaison radiale de l'avant-bras présente des variations individuelles. L'angle ouvert en dehors que « ferme l'axe longitudinal de l'humérus avec l'axe « longitudinal du cubitus mesure en moyenne 166° « (R. FICK) et varie entre 155 à 180° .

« L'axe de rotation de la charnière humérale forme « la bissectrice ou se rapproche beaucoup de la bis- « sectrice de cet angle huméro-cubital. Cet axe est « donc oblique sur l'axe longitudinal de l'humérus et « du cubitus. Au cours des mouvements de flexion, « l'inclinaison radiale de l'avant-bras diminue à la « fin de la flexion. Elle peut disparaître et même être « remplacée par l'inclinaison du côté cubital. »

Nous nous rangeons volontiers à l'opinion de ROUD avec une légère différence pour l'interprétation du fait signalé dans ces dernières lignes. Si nous considérons normale la coïncidence des axes longitudinaux du cubitus et de l'humérus en flexion totale, nous ferons remarquer qu'on peut assimiler l'axe du cubitus à une génératrice de cône de révolution de demi-angle au sommet d'environ 80° — en extension complète à 180° . — Les axes huméraux et cubitaux sont opposés et font un angle de 160° environ. La flexion les rapproche en diminuant leur angle d'une façon très calculable jusqu'à ce qu'ils deviennent nuls pour la flexion totale.

ROUD a signalé chemin faisant une remarque intéressante, qui explique peut-être, pourquoi les angles cités plus haut ne sont ni droits ni multiples dans le droit. Si, en supination, l'avant-bras forme un angle obtus ouvert en dehors avec le bras, en pronation cet angle est nul, donc la rotation du radius autour du cubitus fait tourner le premier os pour une pronation supposée de 180° d'un angle égal à l'angulation huméro-cubitale ou 20° , soit 300 millièmes, ce qui correspond à un déplacement pour le centre théorique de l'extrémité inférieure du radius de

$$25 \times \frac{300}{1.000} = 7 \text{ cm.}$$

Toujours en restant dans le même ordre d'idées, on peut tenter de trouver des explications aux différentes courbes des os. Nous avons vu que, pour faciliter la pronation, la surface articulaire huméro-cubitale se trouvait en avant de l'axe du cubitus, comme l'axe de la trochlée se trouve du fait de la concavité antérieure de la « palette humérale » en avant de l'axe longitudinal de l'os. L'axe de l'humérus et celui du cubitus sont presque en continuation l'un de l'autre en extension complète. L'axe du radius se trouve légèrement oblique en bas et en arrière. Mais sa concavité antérieure en supination laisse la main dans le prolongement du cubitus, alors qu'en pronation elle se porte en arrière et en dedans.

Si l'action des muscles, spécialement des muscles pronateurs et supinateurs est oblique par rapport à l'axe de l'avant-bras et applique le radius et le cubitus l'un contre l'autre, il faut reconnaître que, pour les déplacements longitudinaux, seule la liaison cupule-condyle s'oppose à l'ascension du radius. Mais les articulations sphériques se « déboîtent » facilement du fait du peu de surface de présence et surtout par leur carence de ligaments de maintien. Les muscles fixant le radius à la main ne seraient pas plus actifs puisque le carpe s'articule surtout avec le radius ; donc tout reposerait sur la solidité de ligament triangulaire ou sur le contact apophyse styloïde du cubitus contre un os du carpe. POIRIER a montré, comme le rapporte un de ses continuateurs, qu'un moyen très puissant de stabilisation longitudinale du radius est le ligament interosseux. Voici son exposé :

« La plupart des anciens auteurs écrivent que le rôle essentiel de la membrane est de donner attache aux muscles profonds de l'avant-bras. WEUBRECHT et SAPPEY ont fait remarquer que la membrane était aussi

un moyen d'union s'opposant à l'écartement des deux os quand l'une des faces de l'avant-bras subit une pression. Sans nier ces deux usages précédents, il est probable que le rôle principal de la membrane est, comme l'a montré POIRIER, de solidariser le radius et le cubitus et réciproquement dans tous les cas où le membre supérieur est appelé à exercer une pression ou à supporter un effort. La direction oblique en bas et en dedans des faisceaux fibreux est en effet en relation avec les sens des forces qui agissent sur le membre, quand le membre supérieur, étant en extension et en supination, repose sur une table, par exemple et appuie sur celle-ci. Chacune de ses extrémités subit une pression de sens contraire. L'extrémité supérieure subit une pression de haut en bas transmise par le corps à l'épaule. L'extrémité inférieure subit une pression de bas en haut transmise par le support de la main. La disposition des surfaces articulaires montre que chacun des deux os de l'avant-bras reçoit une des deux pressions ainsi déterminée, le cubitus largement articulé avec l'humérus, est poussé par lui de haut en bas et le radius qui est articulé avec le carpe, est poussé de bas en haut. »

Rappelons que POIRIER — ou ses continuateurs — ne croient pas au contact constant condyle-cupule. Nous avons montré par le raccourcissement apparent du radius pourquoi le carpe ne pouvait s'articuler directement avec le cubitus, d'où la grande extrémité radiale inférieure.

D'autre part, l'articulation condyle-cupule étant sphérique, est peu stable, surtout perpendiculairement à l'axe du radius. Ce dernier os doit donc être solidement fixé au cubitus par le ligament annulaire, véritable articulation, la cavité sigmoïde et, éventuellement, par la membrane interosseuse, les muscles déjà signalés et même par le ligament triangulaire. Il en résulte que c'est le cubitus qui supporte tout l'effort pour la flexion, perpendiculaire à son axe si l'avant-

bras est à angle droit sur le bras. D'où l'utilité de la forme. Nous avons déjà cité MM. ROUVIÈRE et GRANEL qui ont expliqué la direction des fibres variable de bas en haut, par la transformation fibreuse des muscles profonds. Le ligament radio-oblique, radio-cubital, ligament d'arrêt, à notre avis, croise les fibres du ligament interosseux à angle très marqué, et la théorie du continuateur de POIRIER ne peut expliquer cette anomalie apparente. Il est à remarquer que la fibre du ligament interosseux qui unit le radius sous la tubérosité bicipitale au cubitus doit avoir des mouvements très limités ; une de ses extrémités est proche de l'axe de rotation du radius autour du cubitus et l'autre s'insère sur cet axe. Continuons la citation :

« Les expériences de POIRIER mettent du reste en évidence le rôle considérable de la membrane pour empêcher les déplacements longitudinaux des deux autres. Si, sur un avant-bras détaché, on met à nu la membrane et qu'on cherche à faire glisser les deux os l'un sur l'autre, on ne peut y réussir quelle que soit la force employée. En fixant le radius dans un étau et en frappant l'élécrane à coup de maillet on peut arriver à briser le radius mais jamais à déchirer la membrane. Même si les têtes radiale et cubitale ont été sciées la membrane s'oppose encore au déplacement des os suivant leur longueur. Elle est donc un véritable trait-d'union radio-cubital. »

Ces expériences viennent confirmer l'hypothèse énoncée plus haut, où nous supposions que la membrane interosseuse s'opposait à l'ascension du radius quand sa tête avait été luxée.

Précédemment nous avons remarqué que les ligaments latéraux du coude s'inséraient près de l'axe de rotation de la trochlée. Un peu au-dessus de cette insertion naissent les muscles épitrochléens et épicondyliens qui ont donc sensiblement la même caractéristique. Ces muscles, qui naissent séparés (HOVELACQUE),

ou par un tendon commun (GRÉGOIRE), ne sont donc que peu influencés par les mouvements de flexion-extension. Les muscles épicondyliens — deuxième radial, extenseur commun des doigts, court supinateur-extenseur propre du 5^e doigt — jouissent de la même propriété. Le cubital postérieur et surtout l'anconé sont postérieurs et un peu influencés par la flexion-extension qu'ils provoquent d'ailleurs.

Pronation - Supination. --- Considérons maintenant l'articulation radio-cubitale comme mobile et appliquons-lui les théories précédemment admises.

Le premier problème qui se pose concerne la tête radiale. Est-elle circulaire ? Est-elle déplacée en dehors dans les mouvements de pronation comme l'affirme GRÉGOIRE ? Quelle est la place de la cupule au sommet de la tête ?

La tête n'est pas circulaire ou du moins le bord supérieur n'est pas un cercle. Un examen, même hâtif, permet de s'en assurer. En résulte-t-il l'existence d'un déplacement latéral qui aurait pour but de laisser passer la tubérosité bicipitale proche du cubitus contre lequel elle butterait sans cela. Nous ne le croyons pas. En effet, toujours utilisant le même principe, le condyle creuserait alors son logement dans la tête radiale et la cupule ne serait plus sphérique avec un bord interne en croissant. Le bord supérieur aurait toujours la même force, mais le bord de la cupule, distance entre sa courbe limitante et celle de la tête considérée, serait de même largeur. Or, il n'en est rien. Si la cupule est donc un segment de sphère, et si elle ne l'est pas exactement, elle s'en approche certainement beaucoup, la rotation du radius autour du cubitus doit se faire autour d'un axe passant par le centre de la tête cubitale et par le centre du condyle. Non pas comme il est toujours dit par le centre de la cupule qui peut avoir une position quelconque par

rapport à l'axe. Nous exposons la théorie géométrique postérieurement, il suffit actuellement de signaler des résultats.

Les muscles pro-supinateurs sont d'une part le rond pronateur et le carré pronateur, et, d'autre part, le court supinateur et le biceps. On peut encore citer accessoirement une grande partie des muscles de l'avant-bras : le long supinateur, le premier radial, les palmaires.

Il n'y a rien à signaler sur le rond pronateur. Tous les auteurs sont d'accord à son sujet, il n'en a pas été de même pour le carré pronateur dont l'action pronatrice a été mise en doute par HYRTL. Mais TESTUT et WERTHEIMER ont démontré sur le cadavre qu'il méritait bien son nom.

Quant aux muscles supinateurs, seule l'action du biceps n'est pas évidente et mérite d'être étudiée.

On peut se demander si la tubérosité bicipitale ne se trouve pas sur l'axe de rotation du radius autour du cubitus. Le biceps serait alors uniquement fléchisseur et aurait sur le radius une action analogue à celle du brachial antérieur sur le cubitus. Si la tubérosité bicipitale est en dehors de l'axe de rotation, le biceps est pronateur, s'il est en dedans, il est supinateur. Là encore, toute mesure est impossible, car les éléments sont définis avec une trop faible approximation. Nous devons avoir recours à l'expérience qui sera d'ailleurs des plus simples. Si l'avant-bras en supination, nous saisissons un barreau forcément horizontal et fixe. Si nous exerçons sur lui une pression comme pour l'amener vers le bas, le biceps inspecté par l'autre main, restera non contracté. Si, de plus, nous cherchons à le faire tourner *sinistrorsum*, on observe encore aucune contraction ; mais si on inverse le sens de rotation, qu'il soit *dextrorsum*, c'est-à-dire tendant à augmenter la supination, le biceps se contracte violemment.

Nous avons répété toutes ses expériences sur des barreaux verticaux pour des positions intermédiaires à la pronation et à la supination et avec des barreaux horizontaux pour la pronation.

Dans la position intermédiaire nous avons obtenu les mêmes résultats. Pour la pronation totale nous avons constaté, dans les mêmes conditions aucune contraction, ce qui s'explique simplement : la tubérosité bicipitale est alors presque diamétralement à sa position de supination, le tendon du biceps s'est enroulé sur le col du radius, région amincie, de telle sorte que la zone où le tendon quitte l'os soit plus proche de l'axe de rotation.

Remarquons de plus que si la tubérosité bicipitale est proche de l'axe de rotation, c'est pour ne pas donner une importance trop grande au biceps comme supinateur. Ce muscle est très puissant, c'est peut-être le fléchisseur prépondérant, or son bras de levier par rapport à celui de la paume de la main est très faible :

5 1

approximativement $\frac{5}{30} = \frac{1}{6}$: La force déployée par

ce muscle en contraction chez un homme normal peut dépasser notablement 100 kilos. Les muscles pronateurs sont beaucoup plus faibles et leurs bras de levier aussi peu importants. Il est donc nécessaire, pour ne pas avoir prépondérance du biceps, que celui-ci ait un faible bras de levier pour avoir son action utilisée pour la flexion seulement, contrebalancée par les muscles pronateurs. Si le bras de levier du biceps est faible, il ne devrait guère se contracter dans les mouvements de supination, la main étant libre. Or, on voit nettement un déplacement important. Cette anomalie apparente s'explique par le mouvement du cubitus dans la pro-supination qui sera bientôt étudiée.

Nous avons signalé l'action de plusieurs muscles accessoires dans la pro-supination ; le premier radial

les palmaires. Leur action est très faible et a peu d'intérêt. Mais il n'en est pas du tout de même du long supinateur appelé par POIRIER, qui jugeait que son nom était une grossière faute de physiologie, « l'huméro stylo-radial. »

Nous savons que les muscles dont l'insertion se trouve sur l'axe de rotation d'une articulation circulaire ne peuvent avoir aucune action sur le mouvement de cette dernière. Or, l'axe de rotation du radius autour du cubitus tourne autour du condyle huméral, de telle sorte qu'un muscle sans action sur la supination en extension complète, peut agir en flexion ou en demi-flexion. Dans l'extension totale, l'axe passe, projeté sur un plan de front, par l'insertion du premier radial. Il est de plus, dirigé en haut, et en avant. Le long supinateur, dont l'insertion est très voisine de celle du premier radial, n'a qu'une faible action, quoiqu'on ne puisse connaître *a priori* son comportement par la situation de ces deux insertions. Un muscle peut passer en pont au-dessus d'un autre muscle et son action en être modifiée. Quoiqu'il en soit, l'action de ces deux muscles est négligeable dans la propulsion.

Quand l'avant-bras est à angle droit sur le bras, les insertions précédentes sont au-dessus de l'axe et un peu en dedans. Leur contraction devrait donc mettre l'avant-bras en une position intermédiaire entre la pronation et la supination, un peu plus proche de la première. On raisonnerait de même pour un avant-bras fléchi davantage. Le long supinateur, muscle avant tout fléchisseur, est donc sans action sur la propulsion sur le bras en extension complète, il a une action faible lors d'une angulation du bras et devient d'autant plus actif que l'angle est plus faible.

Le premier radial a des caractéristiques parallèles à celles du long supinateur, mais son action est moindre parce qu'il est plus proche du condyle et qu'il est moins puissant.

Artères et nerfs. — Nous avons déjà indiqué que les artères et les nerfs suivaient les trajets tels que dans les mouvements, ils ne subissent pas d'élongation.

L'artère humérale est en avant de l'articulation ainsi que la radiale et la cubitale. Dans la flexion, elle se trouve dans l'angle rentrant, donc se conforme à ce qui a été énoncé.

L'artère radiale passe également au-dessus de l'axe de rotation du radius autour du cubitus ; donc la pronation ne l'allonge pas. Nous n'étudierons pas les différentes artères du coude, elles sont de très faible calibre et sujettes à variations. Rappelons brièvement que la recurrennte radiale antérieure et la recurrennte cubitale antérieure ne trouvent pas la flexion-extension dans les mêmes conditions que l'humérale. La recurrennte cubitale postérieure, d'abord antérieure, passe derrière l'épitrôchlée, c'est-à-dire toute proche de l'axe de la trochlée. Seule la recurrennte radiale postérieure a un parcours au-dessous de la région du coude, mais elle se termine, en cette région par des anastomoses sinueuses à la branche postérieure de l'humérale profonde.

Pour les mouvements de pronation, les recurrentes radiales sont seules intéressées, mais l'antérieur naît à peu près au point où la radiale passe au-dessus de l'axe du condyle - tête cubitale. Quant à la postérieure, elle naît de l'interosseuse, comme la précédente de la radiale.

Les nerfs antérieurs dans la région du coude (médian, radial, musculo-cutané, brachial cutané interne, - branche antérieure -) se trouvent dans les mêmes conditions que l'artère humérale au coude. Le nerf cubital passe dans la gouttière épitrôchléo-olé-crânienne, puis sous l'épitrôchlée, où passe l'axe de rotation du coude. Elle ne s'allonge donc pas dans la flexion. Le rameau postérieur du brachial cutané in-

terne plus superficiellement passe par un point analogue.

Pour la pro-supination, le nerf radial suit son muscle satellite le long supinateur, il se trouve donc dans l'angle aigu de la section droite du dièdre radius-cubitus. On obtient donc la même conclusion pour ce nerf sans la pronation que pour le médian dans la flexion.

MOUVEMENTS RECIPROQUES DU RADIUS ET DU CUBITUS

Pour étudier les mouvements de pro-supination, nous avons supposé le cubitus fixe. Or, indique M. ROUVIÈRE : « Sur le vivant, le mécanisme des mouvements de supination est beaucoup plus complexe, « car il résulte de la combinaison des mouvements « qui se produisent à la fois dans les articulations « radio-cubitales, dans les articulations huméro-radio-cubitales, huméro-cubitales et dans l'articulation de « l'épaule. Ses mouvements sont tels que les extrémités inférieures du radius et du cubitus se déplacent également, mais en sens inverse. Sur le vivant, « en effet, quand se produisent des mouvements physiologiques de pronation et de supination, les articulations radio-cubitales, supérieure et inférieure « présentent les mêmes déplacements que l'on constate sur le cadavre. Mais, de plus, l'articulation de « l'épaule est le siège de mouvements de rotations de « l'humérus autour de son axe longitudinal. Enfin, « lorsque le bras est à demi fléchi, l'articulation huméro-cubitale ne reste pas complètement immobile. « Elle est le siège de petits mouvements de flexion et « d'extension alternatif... des mouvements de l'humérus font tourner le cubitus. »

ROUD écrit de même : « Quand la main tourne « autour du troisième métacarpien, les déplacements

« en sens inverse du radius et du cubitus sont égaux.
« HULTKRANTZ a enfoncé des aiguilles métalliques
« dans son propre olécrâne et sur son épicondyle, il
« a constaté que la rotation de l'humérus est de 8° et
« que le mouvement d'inclinaison latérale du cubitus
« sur l'humérus n'est guère que de $1^{\circ} 87$. »

Nous avons déjà indiqué notre façon de penser sur le dernier résultat d'HULTKRANTZ, mais il reste encore à élucider la cause de ce déplacement « dans les trois articulations », ce n'est d'ailleurs pas à la physiologie que nous allons nous adresser, mais à la mécanique, au principe extrêmement général connu sous le nom de principe de MAUPERTUIS — énoncé par le malouin MOREAU DE MAUPERTUIS (1698-1759). — Appelé encore *Principe de moindre action*, il se retrouve dans toutes les sciences sous différents noms : LOI DE LENZ en électricité, loi de GULBERT et WAAGE, de LE CHATELLIER, de VAN T'HOFF en chimie, loi de FERMAT en optique. Récemment, notre maître de mécanique rationnelle à la Faculté des Sciences de Rennes, M. LEROUX, a montré qu'on pouvait construire une « mécanique invariante » sans trièdre de coordonnées particulier en partant de ce principe.

Dans le cas qui nous intéresse ici, ce principe indique que le mouvement de l'avant-bras et de la main doit se faire à chaque instant de telle sorte que l'axe de rotation instantané de l'ensemble passe constamment par le centre de gravité de l'avant-bras au moment déterminé. Ce centre de gravité n'est pas fixe par rapport au radius ni par rapport au cubitus. Mais on conçoit aisément qu'il soit approximativement au milieu de l'avant-bras. Le grand axe de l'ellipsoïde de POINSOT passe, si la main est dans le prolongement du bras, par un point à peu près intermédiaire entre les deux styloïdes radiale et cubitale en supination. Il est donc normal que le cubitus tourne en sens inverse du radius, d'une quantité opposée.

Cette rotation se fait probablement non par inclinaison latérale du cubitus, mais, comme l'a indiqué M. ROUVIÈRE, par des mouvements de rotation de l'humérus, l'avant-bras étant en extension complète et par rotation de l'humérus autour de son axe et par de légères flexions-extensions du cubitus quand le bras est fléchi.

Nous avons estimé à 6 cm. le déplacement au poignet de l'axe du radius dans la pronation quand le cubitus reste fixe. Cela correspond environ à 200 millièmes ou 12 degrés pour la rotation de l'humérus, ce qui est de l'ordre de grandeur du chiffre de HULTKRANTZ. Or, la position du centre de gravité du bras est impossible à fixer d'une manière précise, et, de plus, la présence de la main vient encore compliquer le problème. Nous trouverons encore des chiffres du même ordre pour la flexion-extension, mais l'inclinaison de la main sur le bord radial ou cubital le transformerait évidemment.

D'ailleurs, nous ne désirons pas une précision impossible à obtenir, mais nous savons pourquoi et comment se font ces mouvements, ce qui nous semble préférable.

Les observations de GRÉGOIRE et des anatomistes modernes ainsi que bon nombre d'anciens, tels que WINSLOW, VICQ D'AZYR, DUCHÊNE, HEIBERG, DWICHT et de beaucoup d'autres sont donc confirmés par un principe de mécanique rationnelle, alors que, fort probablement, au nom de cette même science, BERTIN, HUMPHRY, CRUVEILHIER et KRAUSE niaient un résultat qui aurait dû leur être imposé par l'observation la plus élémentaire, illustrant ainsi une fois de plus la parole de PASTEUR : « Le plus grand dérèglement de l'esprit est de croire les choses parce qu'on veut qu'elles soient ».

FORME DE LA TÊTE RADIALE

Un dernier point reste à préciser : la forme de la tête radiale. Rappelons sa description par HOVELACQUE :

« La tête radiale, aplatie de haut en bas, n'est pas
« cylindrique comme on a coutume de le dire, elle est
« oblongue, ovoïde, présentant un grand et un petit
« diamètre (28 et 24 mm.). Dans la supination, le
« grand diamètre est dirigé en avant et en dedans...
« La face supérieure est déprimée en cupule. La cu-
« pule est circulaire ; en dehors et en arrière, elle est
« limitée par un bord circulaire ; en avant et en de-
« dans, elle est limitée par un bord large, légèrement
« rabattu, disposé en croissant. Dans la flexion, le
« croissant biseauté vient se placer en contact de la
« zone conoïde de l'humérus... » Ce qui nous im-
porte n'est pas de savoir la hauteur du pourtour de
la tête ou le diamètre de la cupule, mais leur fonc-
tionnement mécanique dans les différents mouve-
ments et spécialement dans les mouvements de pro-
supination. Supposons, comme précédemment, le ra-
dius tournant autour de l'axe-centre condyle-centre
tête cubitale. Le pourtour de la tête devra être de révo-
lution autour du même axe. Supposons à première
approximation que la méridienne soit une droite, qui
répondra à la section par un plan méridien de la
petite cavité sigmoïde. La surface cherchée comme
limite latérale de la tête sera une portion de cône ou
de cylindre de révolution. La limite inférieure est
quelconque et n'offre pas d'intérêt ; la supérieure, au
contraire, sera une section plane de la surface ou au-
dessus de cette section plane qui correspond à la
partie supérieure de la petite cavité sigmoïde. A la
zone conoïde, correspondra également une portion de
surface de révolution qui limite la joue externe de la
trochlée, et, en haut, par le raccordement de la zone

conoïde et du condyle. Sur la face supérieure, la sphère condylienne se loge plus ou moins dans le segment sphérique de la cupule. Supposons que l'axe condyle - tête cubitale soit incliné de 120 millièmes en bas et en dedans comme nous l'avons supposé précédemment. Est-ce que nous devons attribuer l'irrégularité de la face supérieure à cette inclinaison ? Un calcul très simple nous donne un ordre de grandeur

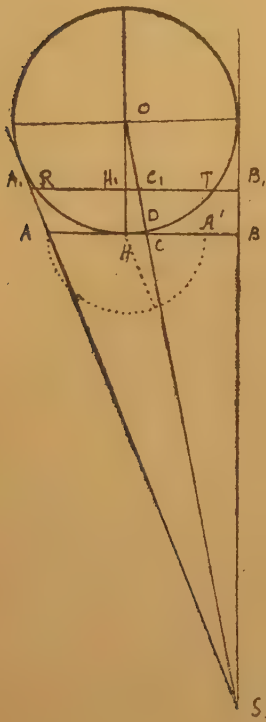


Fig. 7

O = Centre de la sphère condylienne.

O S₂ = Axe de rotation du radius.

A₁ B₁ et A B = Plans parallèles à la face supérieure de la tête du radius.

H = Centre de la cupule.

O H, H = Lieu du centre de la cupule.

C et C₁ = Intersection de l'axe de rotation avec les plans horizontaux A B, A₁ B₁.

D = Intersection du condyle et de l'axe O S₂. Point fixe de la cupule dans la rotation.

A₁ R, T B₁ = Bords de la cupule.

La tête radiale est supposée formée d'une portion de cône de révolution.

des effets de cette cause. Prenons comme diamètre moyen : 26 mm. ; l'obliquité de l'axe entraîne une augmentation du diamètre transverse de

$$26 \times \frac{1}{2} \times \left(\frac{120}{1.000} \right)^2 = \frac{2}{10} \text{ de millimètre}$$

augmentation inappréciable et qui serait encore insuffisante si l'angle de l'axe et du plan de la face supérieure était deux fois plus grand. Car on aurait alors 75/100 de millimètre. Si la région comprise entre la capsule et le pourtour de la tête est plus grande en dedans qu'en dehors, cela provient en partie du fait que, contrairement de ce qui est énoncé un peu partout, ce n'est pas le centre de la cupule qui est le centre de la face supérieure de la tête radiale, mais un point bien différent. Ou, si on veut, dans la pro-supination, la cupule ne tourne pas autour de son centre, ce qui, au premier abord peut sembler paradoxal. On sait que les sections d'une sphère par des plans parallèles ont leur centre en ligne droite sur un diamètre perpendiculaire aux plans. Le centre de la cupule est donc la projection orthogonale du centre du condyle sur le plan de la face supérieure. Alors que l'axe perce la cupule en un point distant du premier de $R \times a$, où a est l'inclinaison de l'axe de rotation, c'est-à-dire R

120

que multiplie $\frac{120}{1.000}$, R étant le rayon du condyle. Nous

1.000

120

savons que $R = 12$ ou 13 mm. et petit a donc $R \times \frac{120}{1.000}$

$= 1$ mm. 5. Les deux points sont donc distants sur le plan tangent du fond de la cupule de 1 mm. 5 et de 1 mm. sur le plan supérieur de la tête, en admettant pour la cupule une profondeur de 5 mm.

Cette cause donne pour les zones précédemment considérées la différence de largeur de 2 mm.

Nous avons démontré que la cupule n'est pas au centre de la face supérieure de la tête radiale, donnant ainsi une plus grande valeur au croissant signalé par HOVELACQUE, mais cela n'explique pas la différence entre les diamètres transverses et antéro-postérieurs.

On peut chercher une solution dans l'irrégularité de la face supérieure qui n'est pas plane. Mais là encore

les variations résultantes sont trop faibles pour être satisfaisantes.

Puisque nous avons rejeté l'hypothèse de l'excentrique, voici le résultat d'observations sur le cadavre :

La position de l'axe condyle - tête cubitale par rapport au plan de la face supérieure de la tête du radius est le seul facteur qui intervienne dans la forme de la tête radiale. Si on considère la perpendiculaire, issue



FIG. 8

Schéma de la face supérieure de la tête radiale

C_1 = Centre de la cupule. — C_2 = Centre de la tête supposée circulaire.

du centre du condyle sur la face supérieure, elle passe par le centre de la cupule. En général, l'axe passe en dedans et en avant. Il peut se confondre avec la perpendiculaire, mais ne passe jamais au-dehors. S'il coïncide avec la perpendiculaire, la tête est alors un segment de cylindre et la distance comprise entre le bord supérieur de la tête et la courbe limitante de la cupule est la même dans toutes les directions. Ceci arrive une fois sur 22, d'après TESTUT. La cupule nous a dans ce cas paru plus profonde.

Dans le cas général, par suite de la rotation autour de l'axe qui ne lui est pas parallèle, le bord supérieur de la tête s'enfonce davantage dans la gouttière condylotrochléenne en pronation qu'en supination. Si l'on admet que le pourtour de la tête radiale est formé

par deux cônes de révolution de même axe, limités à l'une de leurs intersections, forcément plane et même circulaire, et par deux plans, dont le supérieur est horizontal et l'inférieur quelconque, la surface présentera une crête entourant latéralement la tête. Or, dans la pratique, cette crête est nette en dedans et en

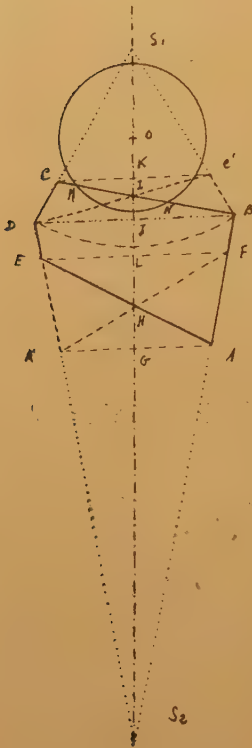


FIG. 9

- S_1 et S_2 = Sommets des deux cônes.
- S_1 , S_2 = Axe de rotation du radius.
- O = Centre de la sphère condylienne.
- A B C D E = Tête du radius (supination).
- A' F B C' D = Tête du radius (pronation).
- B D = Intersection des deux cônes.
- M N = Cupule de la tête radiale.
- B N, C M = Bords de la cupule.

dehors, elle est chanfreinée antérieurement et postérieurement. Nous considérons que cette particularité est la cause de la différence signalée entre le diamètre sagittal et le diamètre frontal. Le demi-angle au sommet du cône de sommet situé au-dessous de la tête est d'environ 250 millièmes, celui du cône supérieur d'à peu près 30°. Une épure plus simple que le calcul,

indique aisément une réduction de 1 mm. à 2 mm. pour le diamètre, ce qui est de l'ordre de grandeur de celles obtenues par la mesure directe sur la tête.

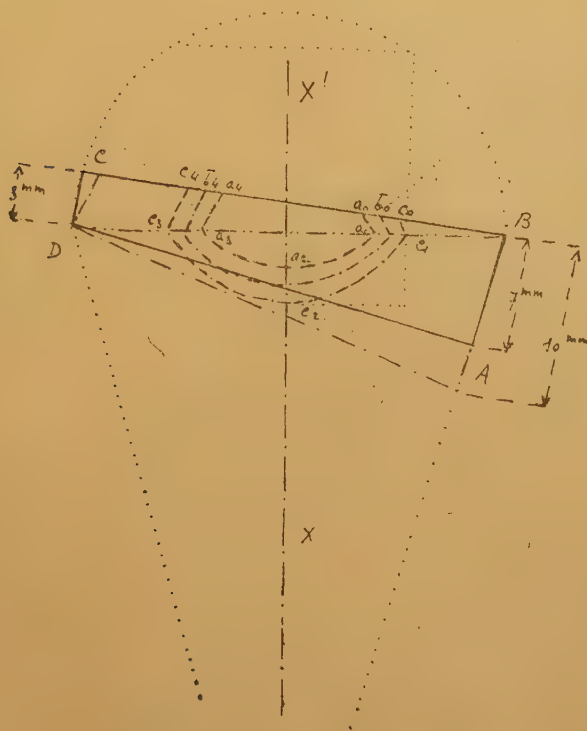


FIG. 10

XX' = Axe de rotation.

$ABCD$ = Profil de la tête radiale.

DB = Intersection des deux cônes.

a_0, a_1, a_2, a_3, a_4 = Courbe pour la diminution de 1 mm. du diamètre transverse.

b_0, b_1, b_2, b_3, b_4 = Courbe pour une diminution de 1,5 mm.

c_0, c_1, c_2, c_3, c_4 = Courbe pour une diminution de 2 mm.

CONCLUSION

En conclusion, nous constatons que la méthode mécanique, appliquée à l'articulation du coude, nous a permis de mettre en relief des propriétés peu accessibles à la méthode d'observation directe. Elle nous a fait préciser les différentes surfaces articulaires, leurs zones utiles ; le mode d'action des ligaments et les conséquences anatomiques qui en résultent.

Les hypothèses du modelage réciproque des surfaces articulaires et de l'inextensibilité des ligaments nous a permis d'obtenir les résultats suivants :

1° L'articulation huméro-cubitale est une trochlée arthrose — articulation circulaire et non hélicoïdale, — dont la gorge et les surfaces avoisinantes ne sont pas « utiles ». Les ligaments latéraux — ligaments de maintien ou du contact — s'insèrent sur les régions correspondant à l'axe de rotation de la trochlée, sur lesquels se trouvent également le centre de la sphère condylienne. Ceci en accord avec MILLIER. Cette disposition implique presque obligatoirement l'adhésion de l'opinion de DESTOT, suivant laquelle le condyle et la cupule sont toujours en contact dans les mouvements de flexion-extension. Les muscles épicondyliens et épitrochléens s'insérant non loin des ligaments latéraux, ne sont que peu influencés par les mouvements de flexion. Ils peuvent donc se fixer par un second chef sur une région du cubitus ou agir au-delà du poignet.

2° L'articulation radio-cubitale comprenant les deux articulations radio-cubitale inférieure et supérieure, est une sorte de trochlée arthrose — articulation circulaire. — L'axe de rotation passe par le centre du condyle et, le centre de la tête cubitale. Donc le ligament de maintien — la membrane interosseuse — s'insère dans la partie résistante sur la région rectiligne du bord externe du cubitus. La projection du radius sur le cubitus est d'une plus grande longueur en supination qu'en pronation, ce qui rend nécessaire l'insertion du carpe sur le radius seul. De plus, la rotation de cet os se faisant autour d'un axe oblique, amène l'axe de la main à être oblique en bas et en dehors en supination oblique en bas et en arrière, du fait de sa courbure sagittale, le mouvement de supination ne peut se faire que grâce aux courbures sagittales et frontales du radius et au décalage en avant de l'axe du corps du cubitus.

3° L'articulation huméro-radiale moins que tout autre, peut être considérée individuellement. Toutefois, nous avons fait remarquer l'importance des irrégularités du pourtour et de la face supérieure de la tête radiale pour l'explication de la différence de diamètre antéro-postérieur et transversaux signalés par POIRIER. Nous avons indiqué également que les hypothèses citées plus haut s'opposent au déplacement en dehors de la tête radiale en pronation.

4° L'articulation du coude dans son ensemble.

La tête du radius d'aspect irrégulier est bien une surface de révolution, dont tous les éléments sont constamment en contact avec les éléments correspondants : condyle, petite cavité sigmoïde, gouttière condylo-épitrochléenne.

Les artères et les nerfs entourant cette articulation suivent les parcours, évitant les elongations dans le mouvement.

Le biceps est supinateur et fléchisseur. En pronation complète, il n'est que fléchisseur.

Le long supinateur n'est que peu supinateur, mais surtout fléchisseur. Il met la main en hémi-pronation-supination. Les os radius et cubitus tournent l'un autour de l'autre dans la pro-supination. Ceci résulte du principe de MAUPERTUIS.

Vu,

Le Doyen :

BAUDOUIN

Vu,

Le Président de Thèse :

ROUVIERE

Vu et permis d'imprimer,

le Recteur de l'Académie de Paris

G. GIDEL

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ALEZAIS. — L'articulation du coude et la pro-supination de l'avant-bras. *Comptes rendus des Sciences biologiques* 1900.
- 3) BARBOSA, SUEIRO. — Annotations anatomiques : note sur l'hyper-extension et l'hypo-extension du coude humain. *Arch. Anat.* (12-1-28).
- 3) BELOT J. ET LEPENNETIER. — Anatomie radiographique du squelette normal. *Amédée Legrand* 1927.
- 4) BOSQUELLE Jean. — De la perte des mouvements de pronation et de supination. *Thèse Lyon* 1907-08.
- 5) BOVIER LÉON. — Le coude ballant. *Thèse Lyon* 1915-16.
- 6) BRAUNE ET FISCHER. — Die bei der Untersuchung von Gelenk bewegungen anzuwendende... *Abh. d. K. Sächs. ges. d. Wess.* vol. 13, 1885.
- 7) BRAUNE ET KYRKLUND. — Ein betrag zur mechanik des Ellenbogen. *gel. A. für. A.* 1876.
- 8) CHARLET André. — Luxation congénitale totale du coude. *Thèse Lyon*, 36.
- 9) DELERUE. — Contribution à l'étude anatomique de l'articulation du coude. *Thèse Lille*, 1936-37.
- 10) FICK. — Hand buch d Anatomie u mechanik der gelenke. *Iena*, 1904.
- 11) FICK L. — Über die gestaltung der gelenkflächen. *A für A*, 1859.
- 12) FICK R. — Über die formen der gelenkflächen. *A für A*, 1890.

- 13) GANDICHON P. — Développement du coude étudié à l'aide de la radiographie. *Thèse Lyon*, 1907.
- 14) GRÉGOIRE R. — Précis d'Anatomie. *Baillière*, 1926.
» Sur les articulations du squelette antibrachial (Anatomie et physiologie). *Journal d'Anatomie* 1907.
- 15) HAVELOCK. — The influence of Function as exemplified in The morphs of The lower Extremity of The Panjabi. *J. Of. A.* vol. 28, 1893-94.
- 16) HEIBERG. — De la rotation de la main. *C.R. Congrès International des Sciences Médicales*. Copenhague, 1884.
- 16 bis) HOVELACQUE. — Ostéologie. *G. Doin*, 1933.
- 17) HULTZKRANTZ. — Das Ellenbogen und seine Mechanik. *Iena* 1897.
- 18) JABOULAY. — Le cubitus et le radius dans la pronation et la supination.
- 19) JEDHICKA R. — Topographische Anatomie des Ellenbogen gelenkes. *Roy. 8°. Hambourg*, 1900.
- 20) LE ROUX J. — Cours de mécanique rationnelle de la Faculté des Sciences de Rennes.
- 21) LE DAMANY P. — La luxation congénitale de la hanche. *Flammarion*, 1923.
- 22) MÉNARD M. — Articulation du coude. (*Bull. Médical. Par.* 1910, XXIV, supplé. radiol. pp. XVII, XXIII, XXV, XXXIII).
- 23) MOLLIER S. — Plastische Anatomie. — *Verlag v. J.F. Bergmann. München*, 1938.
- 24) POINCARÉ H. — La Science et l'Hypothèse. *Flammarion*.
- 25) POIRIER. — Traité d'Anatomie humaine. *Masson, différentes éditions*.
- 26) ROUD. — Mécanisme des articulations et des muscles de l'homme. *Lausanne. F. Rouge et Cie*, 1913.
- 27) ROUVIÈRE H. — Anatomie humaine. *Masson*.
- 28) TESTUT. — Traité d'anatomie humaine. *Doin*.

- 29) VEYRASSAT J. et BERNER. — Résultat anatomique de l'opération d'Hueter dans « l'Hallux vagus ». *P.M.* 23-10-43.
- 30) WILLEMIN. — Anatomie radiologique du coude normal et pathologique. (*Rev. du Service de Santé Militaire.* Juillet 1939, n° III, p. 45 à 85).
-

